

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

**Tomislav Kežman**

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **ZAVRŠNI RAD**

Mentori:

Prof. dr. sc. Neven Pavković, dipl. ing.

Student:

Tomislav Kežman

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se svome mentoru, prof. dr. sc. Nevenu Pavkoviću, na savjetima i ukazanoj pomoći tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem se i svojim roditeljima, bratu, sestri te široj obitelji na pruženoj financijskoj i moralnoj podršci tijekom studiranja.

Tomislav Kežman



SVEUCILISTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomске ispite  
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum:	Prilog:
Klasa:	
Ur.broj:	

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: Tomislav Kežman

Mat. br.: 0035186986

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku: STROJ ZA LIUŠTENJE KRUMPIRA

Naslov rada na  
engleskom jeziku: POTATO PEELING MACHINE

Opis zadatka:

Koncipirati i konstruirati stroj za ljuštenje krumpira. Potrebno je riješiti i odstranjivanje otpadnog materijala. Pogon na standardnu mrežu 220V, kapacitet stroja cca 10 kg/min. Metodičkom razradom obuhvatiti različita projektna rješenja uređaja uz upotrebu standardnih sklopova i dijelova. Tehnoekonomskom analizom odabrati projektno rješenje. Odabrano projektno rješenje stroja razraditi s potrebnim proračunima nestandardnih dijelova. Izraditi 3D model proizvoda. Pri konstrukcijskoj razradi paziti na tehnološki oblikovanje dijelova. Analizirati kritična mjesta. Opseg konstrukcijske razrade, modeliranja i izrade tehničke dokumentacije dogovoriti tijekom izrade rada.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatok zadan:

25. studenog 2015.

Rok predaje rada:

1. rok: 23. veljače 2016.

2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.

3. rok: 17. rujna 2016.

Predviđeni datumi obrane:

1. rok: 29.2., 02. i 03.03. 2016.

2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.

3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Zadatok zadao:

Prof. dr. sc. Neven Pavković

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Igor Balen

## SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK.....	VIII
1. UVOD.....	1
2. PREGLED POSTOJEĆIH RJEŠENJA .....	2
2.1. Pregled objavljenih patenata .....	2
2.2. Pregled postojećih uređaja na tržištu .....	8
3. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA .....	19
4. MORFOLOŠKA MATRICA .....	20
5. KONCIPIRANJE I VREDNOVANJE KONCEPATA.....	23
5.1. Koncept 1 .....	24
5.2. Koncept 2 .....	25
5.3. Koncept 3 .....	26
5.4. Koncept 4 .....	27
5.5. Vrednovanje koncepata.....	28
6. PRORAČUN .....	29
6.1. Pogon pužnog transportera.....	29
6.2. Pogon bubnja.....	30
6.3. Orijentacijski proračun kapaciteta stroja.....	30
6.4. Dimenzioniranje vratila pužnog transportera.....	31
6.5. Provjera čvrstoće cijevi pužnog transportera .....	32
6.6. Provjera čvrstoće šuplje osovine za dotok vode .....	33
6.7. Provjera odabranog ležaja vratila i osovine cijevi pužnog transportera .....	33
6.8. Proračun vijaka ploče oslonca pužnog transportera.....	34
6.9. Proračun zavora spoja oslonca pužnog transportera i RHS kutijastog profila.....	36
6.10. Proračun remenskog prijenosa .....	37
7. STROJ ZA LJUŠTENJ KRUMPIRA.....	39
7.1. Sklop bubnja .....	41
7.2. Kućište .....	44
7.3. Sklop pužnog transportera .....	45
8. ZAKLJUČAK.....	48
LITERATURA.....	49
PRILOZI.....	50



## POPIS SLIKA

Slika 1 Skica patenta US1945978A [1].....	2
Slika 2 Skica patenta US1728846A [2].....	4
Slika 3 Skica patenta US4998467A [3].....	6
Slika 4 Hobart model 6460 [4] .....	9
Slika 5 Dimenzije modela PPF/25 [5].....	11
Slika 6 Dimenzije modela PPF/25 [5].....	11
Slika 7 Model PPN/25 [5] .....	12
Slika 8 Ploča za ljuštenje PTA/PTB [5] .....	12
Slika 9 Ploča za ljuštenje PAB [5] .....	13
Slika 10 Ploča za ljuštenje PPC [5].....	13
Slika 11 Stroj za kontinuirano ljuštenje s noževima [6].....	14
Slika 12 Model CRR-25/250 [6] .....	15
Slika 13 Prikaz valjaka [6] .....	16
Slika 14 Prikaz stroja s valjcima tvrtki Formit i Ekko [7] .....	16
Slika 15 Stroj za ljuštenje model MSM-20 [6] .....	17
Slika 16 Funkcijska dekompozicija.....	19
Slika 17 Koncept 1 .....	24
Slika 18 Koncept 2 .....	25
Slika 19 Koncept 3 .....	26
Slika 20 Koncept 4 .....	27
Slika 21 Opterećenje pužnog transportera .....	31
Slika 22 Skica opterećenja vijaka na spoju.....	34
Slika 23 Opterećenje zavora spojaoslonca pužnog transportera i RHS kutijastog profila .....	36
Slika 24 Stroj za ljuštenje krumpira .....	39
Slika 25 Stroj za ljuštenje krumpira u presjeku.....	40
Slika 26 Izrezani lim sa svim potrebnim provrtima i prolazima za otpad.....	41
Slika 27 Položaj noževa u bubnju .....	42
Slika 28 Sklop bubnja .....	42
Slika 29 Prikaz noža u sklopu s bubnjem.....	43
Slika 30 Kućište .....	44
Slika 31 Pužni transporter sa ležajnim mjestima, osovinom i vratilom .....	45
Slika 32 Pužni transporter u poprečnom presjeku.....	46
Slika 33 Izvedba ležajnog mjesta vratila.....	46
Slika 34 Izvedba ležajnog mjesta šuplje osovine sa priključkom za vodu.....	47

**POPIS TABLICA**

Tablica 1 Hobart model 6460 [4] .....	10
Tablica 2 Specifikacije stroja za kontinuirano ljuštenje s noževima [6].....	15
Tablica 3 Specifikacije modela CRR-25/250 [6] .....	17
Tablica 4 Specifikacije modela CSM-20 i MSM-20 [6] .....	18
Tablica 5 Morfološka matrica .....	20
Tablica 6 Tablica vrednovanja koncepata .....	28



## POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

01-000-000	Stroj za ljuštenje krumpira
01-001-000	Sklop pužnog transportera
01-001-001	Vratilo
01-001-006	Prirubnica osovine
01-001-007	Prirubnica cijevi sa zavojnicom
01-001-009	Šuplja osovina
01-003-000	Bočni oslonac bubnja
01-005-000	Kućište

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$A_j$	$\text{mm}^2$	Površina jezgre vijka
$A_{zav}$	$\text{mm}^2$	Površina zavora
$C_0$	kN	Statička optretivost ležaja
$d_{1B}$	mm	Promjer remenice elektromotora za pogon bubnja
$d_{2B}$	mm	Promjer remenice na bubnju
$d_{1p.t}$	mm	Promjer remenice na reduktoru za pogon pužnog transportera
$d_{2p.t}$	mm	Promjer remenice na pužnom transporteru
$d_B$	mm	Vanjski promjer bubnja
$d_{c,v}$	mm	Vanjski promjer cijevi pužnog transportera
$d_{p.t}$	mm	Vajski promjer pužnog transportera
$d_{\dot{s},o,v}$	mm	Vanjski promjer šuplje osovine
$d_{vr,p.t}$	mm	Promjer vratila pužnog transportera
$d_{vr,p.t,min}$	mm	minimalni potrebni promjer vratila pužnog transportera
$e$	mm	Onsi razmak remenica
$F_{p.t}$	N	Sila koja opterećuje pužni prijenosnik
$F_{tr}$	N	Sila trenja između nosača ležaja i ploče nosača pužnog transportera
$F_{v4}$	N	Ukupna vlačna sila u sva četiri vijka
$F_v$	N	Sila u jednom vijku
$g$	$\text{m/s}^2$	Akceleracija sile teže
$i_B$	-	Prijenosni omjer pogona bubnja
$i_{p.t}$	-	Prijenosni omjer pogona pužnog transportera
$L_a$	mm	Aktivna duljina klinastog remena
$L_u$	mm	Unutarnja duljina klinastog remena
$L_v$	mm	Vanjska duljina klinastog remena
$M_{em.B}$	Nm	Moment an izlazu elektromotora za pogon bubnja
$M_{max}$	Nm	Maksimalni moment savijanja koji opterećuje pužni transporter
$M_{r.p.t}$	Nm	Moment na izlazu reduktora za pogon pužnog transportera
$m_{p.t}$	kg	Masa pužnog transportera
$M_{vr}$	Nm	Maksimalnimoment savijanja koji opterećuje vratilo pužnog transportera
$N$	-	Broj vijaka
$n_B$	$\text{min}^{-1}$	Brzina vrtnje bubnja
$n_{em.B}$	$\text{min}^{-1}$	Brzina vrtnje elektromotora za pogon bubnja
$n_{p.t}$	$\text{min}^{-1}$	Brzina vrtnje pužnog transportera

$n_{r.p.t}$	$\text{min}^{-1}$	Brzina vrtnje na izlazu reduktora za pogon pužnog transportera
$P_{em.B}$	kW	Snaga elektromotora za pogon bubnja
$P_{em.p.t}$	kW	Snaga elektromotora za pogon pužnog transportera
$P_{h.p.t}$	mm	Uspon zavojnice pužnog transportera
$R_{p0,2}$	$\text{N/mm}^2$	Proporcionalna granica tečenja nehrđajućeg čelika X8CrNb17
$s_0$	-	Faktor statičkog opterećenja ležaja
$S$	-	Faktor sigurnosti
$t$	min	Vrijeme potrebno za prolaz krumpira kroz bubanj stroja
$T_{pr}$	Nm	Potrebni moment pritezanja vijaka
$v$	m/s	Brzina transporta pužnim transporterom
$V_B$	$\text{m}^3$	Volumen unutrašnjosti bubnja
$V_c$	$\text{m}^3$	Volumen unutrašnjosti cijevi pužnog transportera
$V_{Kr}$	$\text{m}^3$	Volumen koji zauzima krumpir u unutrašnjosti bubnja
$V_{m,Kr}$	$\text{m}^3$	Volumen same mase krumpira
$W_{c,p.t}$	$\text{mm}^3$	Moment otpora presjeka cijevi pužnog transportera
$W_{s.o}$	$\text{mm}^3$	Moment otpora presjeka šuplje osovine
$\rho_v$	$\text{kg/m}^3$	Gustoća vode
$\rho_{Kr}$	$\text{kg/m}^3$	Gustoća krumpira
$\sigma_{dop}$	$\text{N/mm}^2$	Dopušteno naprezanje nehrđajućeg čelika X8CrNb17
$\sigma_{max}$	$\text{N/mm}^2$	Maksimalno normalno naprezanje
$\sigma^T$	$\text{N/mm}^2$	Granica tečenja materijala vijka
$\sigma_v$	$\text{N/mm}^2$	Vlačno naprezanje u vijku
$\tau_{dop}$	$\text{N/mm}^2$	Dopušteno smično naprezanje konstrukcijskog čelika S235JRG2
$\tau_{zav}$	$\text{N/mm}^2$	Smično naprezanje u zavaru

## SAŽETAK

Zadatak ovog rada je koncipirati i konstruirati stroj za ljuštenje krumpira. U radu je provedena analiza patenata korisnih za koncipiranje kao i analiza postojećih proizvoda za istu primjenu.

Analizom proizvoda utvrđeno je da postoje dvije osnovne skupine ovakvih proizvoda, oni s kontinuiranim prolazom materijala i oni s nekontinuiranim prolazom materijala. Princip rada obiju skupina je isti, u oba slučaja koristi se nekakva tarna ili rezna ploha, bilo to ploha obložena silicijskim karbidom, četkama ili noževima. Također je u većini slučajeva prisutan rad u prisustvu vode. Nakon analize tržišta napravljena je funkcijska dekompozicija te iz nje morfološka matrica koja je korištena pri izradi koncepta. Izrađena su četiri koncepta te se njihovim vrednovanjem odabrao najbolji koji se dalje razradio. Napravljen je proračun nekih osnovnih dijelova, a izbor motora se zbog ne definiranog opterećenja vršio na temelju analiziranih proizvoda. Naposljetku izrađen je CAD model i tehnička dokumentacija nekih ključnih sklopova i strojnih dijelova.



## 1. UVOD

Krumpir je višegodišnja zeljasta biljka. Potječe iz peruanskih Anda u kojima se uzgajao i prije 8 000 godina. U Europu su ga donijeli španjolski istraživači u 16. stoljeću i poklonili papi Piju IV. Iz Italije se dalje proširio po cijeloj Europi, a u Hrvatsku su ga donijeli graničarski vojnici u 18. stoljeću. Krumpir je kroz povijest bio važan izvor hrane u cijeloj Europi, a naročito u Irskoj gdje je uz mlijeko predstavljao gotovo “jedinu” hranu.

Sirovi gomolji u prosjeku sadrže: 75 % vode, 18.2 % škroba, 2 % bjelančevina, 1.5 % šećera, 1 % celuloze, 0.1 % masti, 0.2 % kiselina. Odličan je izvor složenih ugljikohidrata (škroba), vitamina C i B, ne sadrži kolesterol i sol (NaCl), a sadrži potrebne minerale kao kalij, magnezij i željezo.

Cijela biljka osim gomolja je otrovna jer sadrži alkaloid solanin. Stabljika se dijeli na nadzemni i podzemni dio, doseže visinu od 30-150 cm, a razvija se iz klice gomolja (vegetativno razmnožavanje) ili iz pravog sjemena (generativno razmnožavanje).

## 2. PREGLED POSTOJEĆIH RJEŠENJA

### 2.1. Pregled objavljenih patenata

Patent: US1945978A

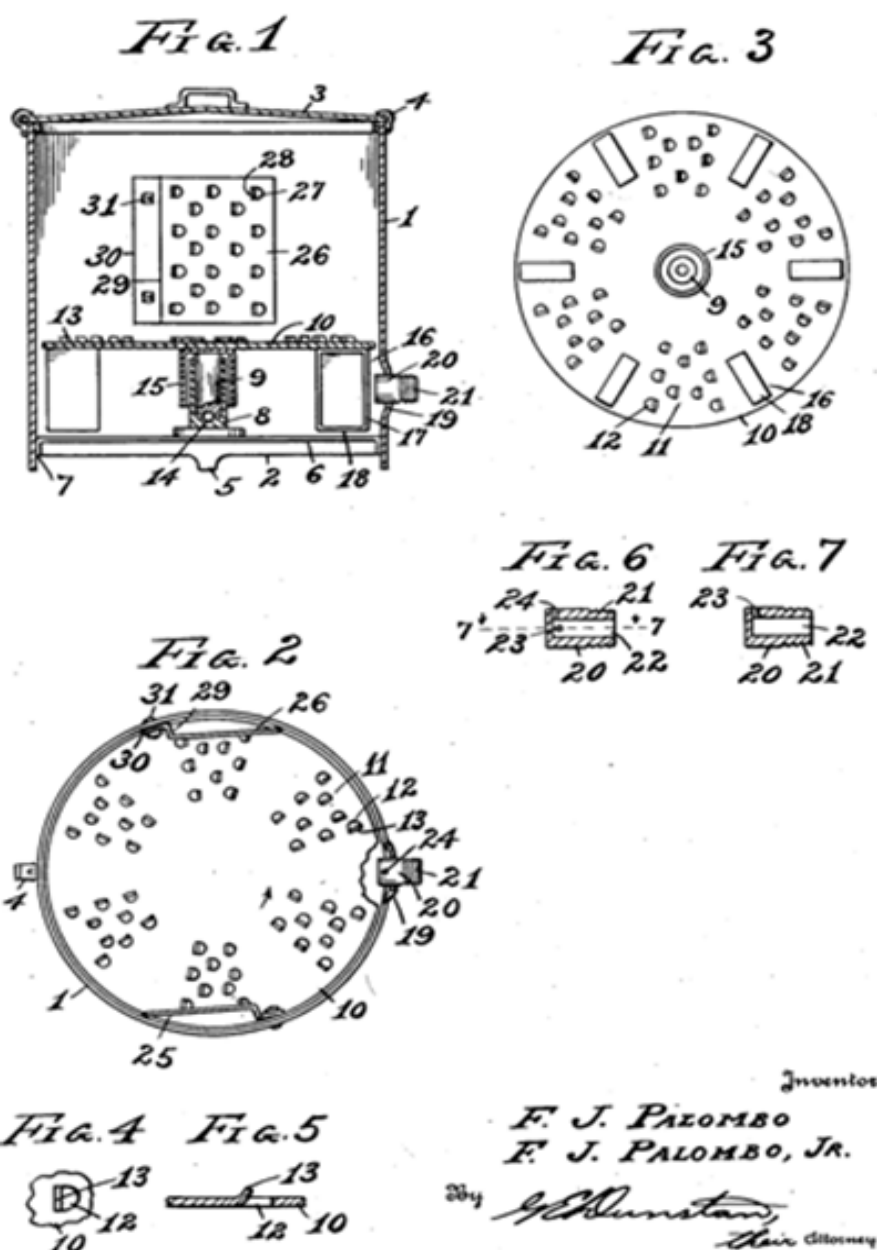
Feb. 6, 1934.

F. J. PALOMBO ET AL

1,945,978

POTATO PEELING MACHINE

Filed Oct. 3, 1931



Slika 1 Skica patenta US1945978A [1]

Datum objavljivanja: 6.2.1934.

Navedeni patent se odnosi na uređaj za guljenje krumpira koji radi primjenom vodenog mlaza, te u isto vrijeme i pere krumpir.

### Opis slike 1

- Fig. 2 je tlocrt od pogleda Fig. 1 bez poklopca 3 i sa određenim dijelovima u presjeku
- Fig. 3 je pogled odozdo na reznju ploču 10
- Fig. 4 je tlocrt, a Fig. 5 je bočni presjek reznog zuba 13
- Fig. 6 je poprečni presjek mlaznice 20
- Fig. 7 je poprečni presjek 7-7 pogleda Fig. 6

### Opis patenta US1945978A

Na slici 1. pozicija 1 je cilindrična posuda s otvorom 2 i poklopcem 3 koji je stezaljkama 4 pričvršćen na posudu. Noga 5 podupire posudu 1, a greda 6 proteže se preko dna posude 1 gdje je na mjestu 7 pričvršćena na nju. Greda 6 nosi vertikalni stup 9 zajedno s kugličnim ležajem 14.

Guljenje se vrši pomoću zuba 13 i otvora 12 koji se nalaze na područjima 11 rezne ploče 10. S donje strane rezne ploče 10 nalaze se kutijaste lopatice 16 sa stranama 17 i dnom 18 na koje nastrujava mlaz vode preko mlaznice 20 kroz provrt 23 te tako rotira reznju ploču. Istovremeno kroz provrt 24 mlaz vode nastrujava na stijenku posude i čisti samu posudu. Voda se dovodi iz kuhinjske slavine preko crijeva koje se priključi na mlaznicu 20 preko navoja 21. Uređaj je namijenjen korištenju u kuhinjskom sudoperu.

Na stranama posude 1 nalaze se bočne rezne ploče 25 i 26 pričvršćene vijcima 31 na posudu. Na njima se nalaze zubi 28 i otvori 27 slični reznim zubima 13 i otvorima 12. Rotacijom rezne ploče 10 rotira se krumpir postavljen na ploču, ali zbog svoje težine i smanjenjem prostora pomoću ploča 25 i 26 krumpir zaostaje za rotacijom rezne ploče te se u kontaktu s reznim zubima 13 i 28 ljuštura odvaja. Mlaz vode kroz provrt 24 ispire ostatke ljuštura i pere krumpir, te kroz otvore 12 i 27 odstranjuje ostatke ljuštura i ispire ih u sudoper i odvod.

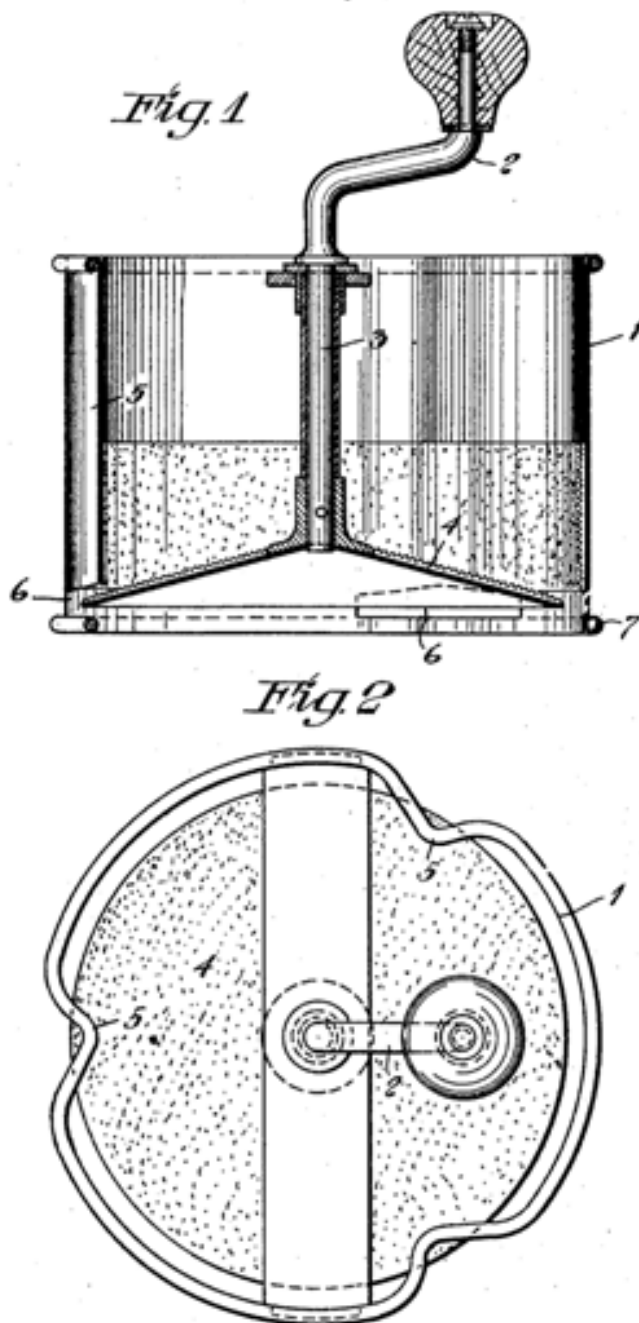


Patent: US1728846A

Sept. 17, 1929.

J. M. WESTGAARD  
POTATO PEELING MACHINE  
Filed July 5, 1927

1,728,846



Slika 2 Skica patenta US1728846A [2]

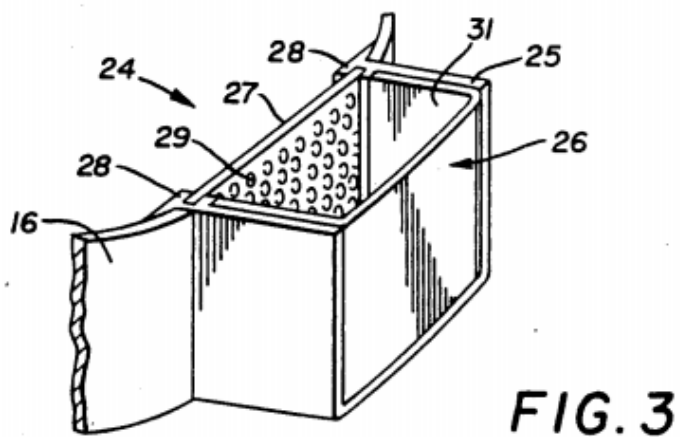
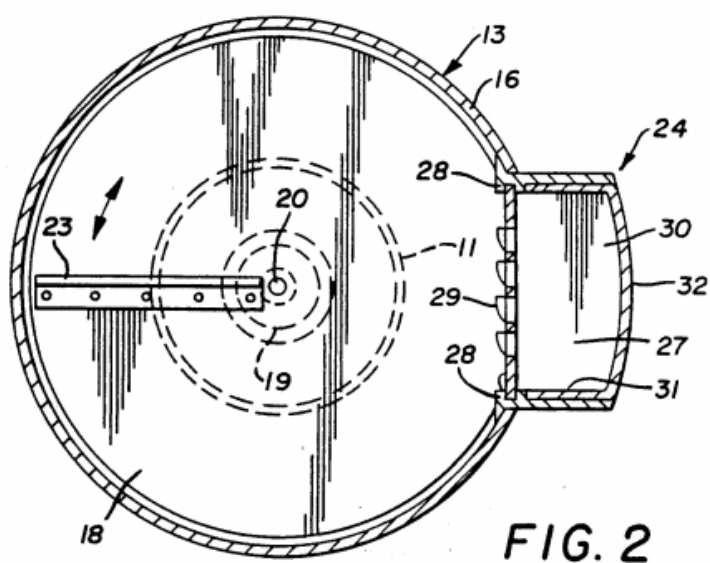
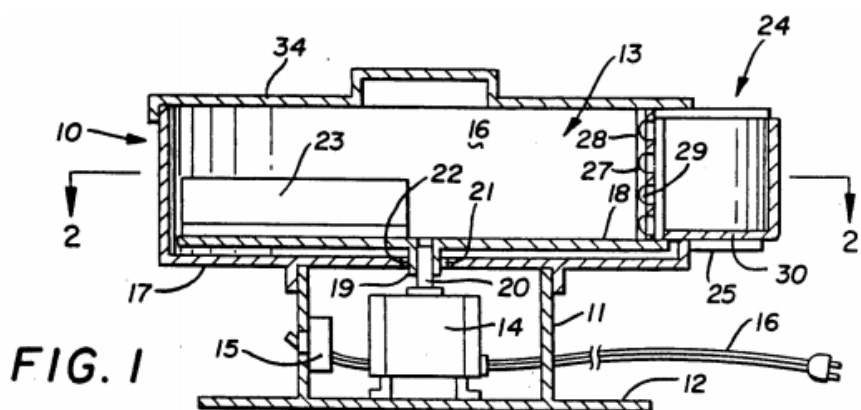
Datum objavljivanja: 17.9.1929.

**Opis patenta US1728846A**

Patent na slici 2 se odnosi na uređaj za guljenje krumpira na ručni pogon. Vratilo 3 je postavljeno vertikalno te nosi konusnu ploču prevučenu s abrazivnom tvari. Posuda 1 je nešto većeg promjera od konusne ploče 4 te je deformirana tako da tvori grebene 5. Unutrašnjost posude također je prevučena abrazivnom tvari. Na dnu grebena 5 nalaze se prorezi za konusnu ploču 4. Posuda je učvršćena prstenom 7. Pogon se vrši preko ručice 2.

Krumpir se postavi na konusnu ploču, a sam uređaj u posudu napunjenu vodom te se rotacijom ručice rotira i krumpir pa se u kontaktu s abrazivnim površinama guli. Grebeni 5 služe za miješanje krumpira kako bi se ujednačeno gulio. Po završetku procesa uređaj se vadi iz posude punjene vodom da bi se ostaci ljuštore isprali kroz proreze 6.

Patent US4998467A



Slika 3 Skica patenta US4998467A [3]

Datum objavljivanja: 12.3.1991.

**Opis slike 3**

- Fig. 1 je presjek uređaja za guljenje krumpira u bokocrtu
- Fig. 2 je presjek 2-2 uređaja u tlocrtu
- Fig. 3 je ploča za guljenje i posuda za ostatke

**Opis patenta US4998467A**

Slika 3 predstavlja uređaj za guljenje krumpira na elektromotorni pogon. Uređaj se sastoji od posude za krumpir 13 u kojoj se nalazi rotacijska ploča 18 s pričvršćenim prirubnicom 23. Prirubnica 23 je otprilike pola visine posude 13. Ploča 18 je preko čahure 19 pričvršćena na vratilo 20 elektromotora 14. Posuda je postavljena na prostor za elektromotor 11 te se radi potrebe čišćenja može odvojiti.

U prostoru 11 nalazi se elektromotor i prekidač 15 s pripadnim kablovima. Cijeli uređaj je preko 12 oslonjen na radnu plohu. Dio 24 je dio za guljenje i s posudom a ostatke. Ploča 27 preko oštih provrta 29 guli krumpir, a ostatci ljuštore odlaze u posudu 26 koja se može izvaditi kako bi se ostaci bacili. Posuda 26 je oslonjena na 25. Ploča 27 se pozicionira u vodilice 28.

Ljuštenje krumpira se vrši tako da se krumpir postavi na ploču 18 koja se vrti naizmjenično tako da prekidač 15 promjeni smjer rotacije elektromotora 14. Prirubnica 23 služi za repozicioniranje krumpira tako da ujednačeno dolazi u kontakt s abrazivnom pločom 27. Ljuštenje se vrši u prisustvu vode.

## **2.2. Pregled postojećih uređaja na tržištu**

### **Poduzeće Hobart**

Modeli 6430 i 6460:

Uređaj radi tako da se u jedinicu za ljuštenje postavi dopuštena količina krumpira te se otvori dovod vode i uključi se elektromotor, zbog konstantnog dovoda vode uređaj mora biti priključen na odvod. Krumpiri je pri završetku procese očišćen od ostataka zemlje i ljuštore. ispod brusnog diska nalazi se provrt za odvod ostataka koji se zaustavljaju u mrežastoj ladici, a voda dalje odlazi u odvod.

Jedinica za ljuštenje obložena je silicijskim karbidom koji je trajno spojen na unutrašnjost. Ploča za ljuštenje je od silicijskog karbida koji je na nju trajno spojen, lako se vadi radi čišćenja, promjer ploče je 20.5 in (520,7 mm). Uređaj guli 13,6 kg (model 6430) i 23 - 27 kg (model 6460) krumpira u jednoj do tri minute.

Model 6430 koristi motor od 3/4 KS (559,5 W), a model 6460 motor snage 1 KS (746 W). Prijenos momenta vrši se preko klinastog remena koji se može podesiti izvan uređaja. Pogonsko vratilo je od nehrđajućeg čelika te je kruto postavljeno na zatvoren, podmazan ležaj koji ima trostruku zaštitu koja štiti ležaj osovine od ulaza vode.

Kućište i jedinica za kupljenje ostataka, koja se sastoji od mrežaste ladice koja zadržava ostatke i propušta vodu do odvoda i posude sa rupom za odvod, su od nehrđajućeg čelika. Poklopac s otvorom za vodu je izrađen od polimernog materijala. Vrata, ručka, izlaz za izbacivanje krumpira i noge su od lijevanog aluminija. Donja strana jedinice za guljenje je postavljena na otpornu gumenu podlogu radi ublaživanja vibracija.

Voda iz dovoda pada na poklopac te formira vodenu zavjesu koja pada na unutrašnjost jedinice za guljenje i tako provodi čišćenje.



**Slika 4 Hobart model 6460 [4]**

**Poduzeće Fimar**

Modeli PPN i PPF:

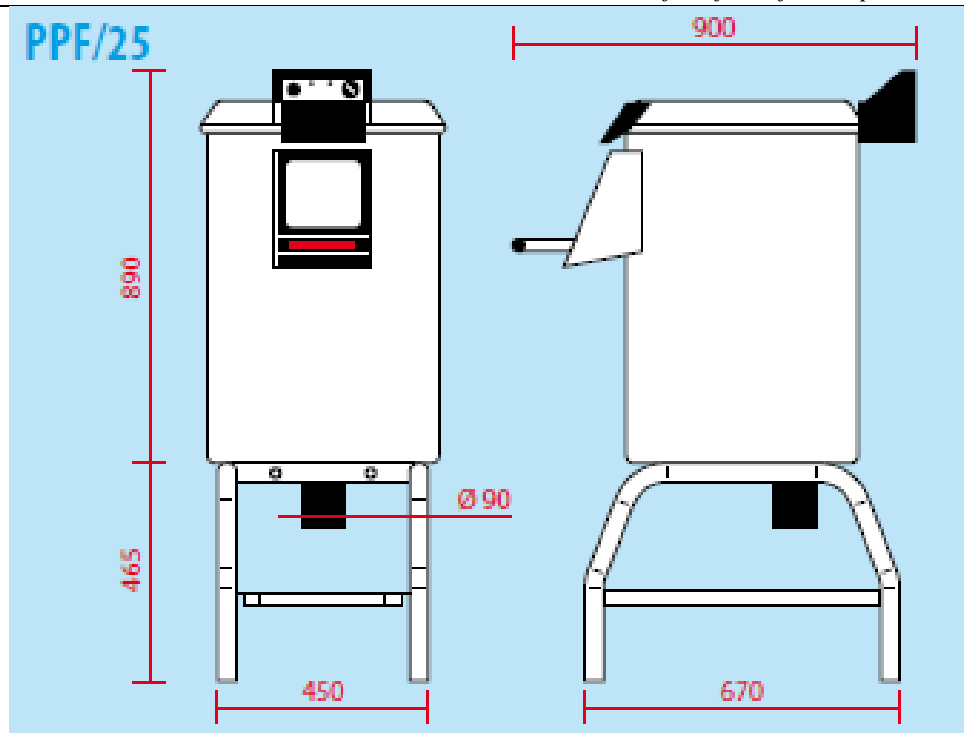
Uređaj za ljuštenje krumpira i mrkvi. Konstrukcija od nehrđajućeg čelika sa poklopcem od polikarbonata.

Standardni elementi: sigurnosni mikroprekidač na poklopcu i izlazu za sadržaj guljenja, te gumb za izbacivanje sadržaja; tajmer za 0 do 4 minute; automatski mlaz vode za odvajanje ostataka guljenja; brusna ploča koja se može izvaditi; unutrašnjost obložena brusnim materijalom standardna je samo za modele PPN-PPF/25.

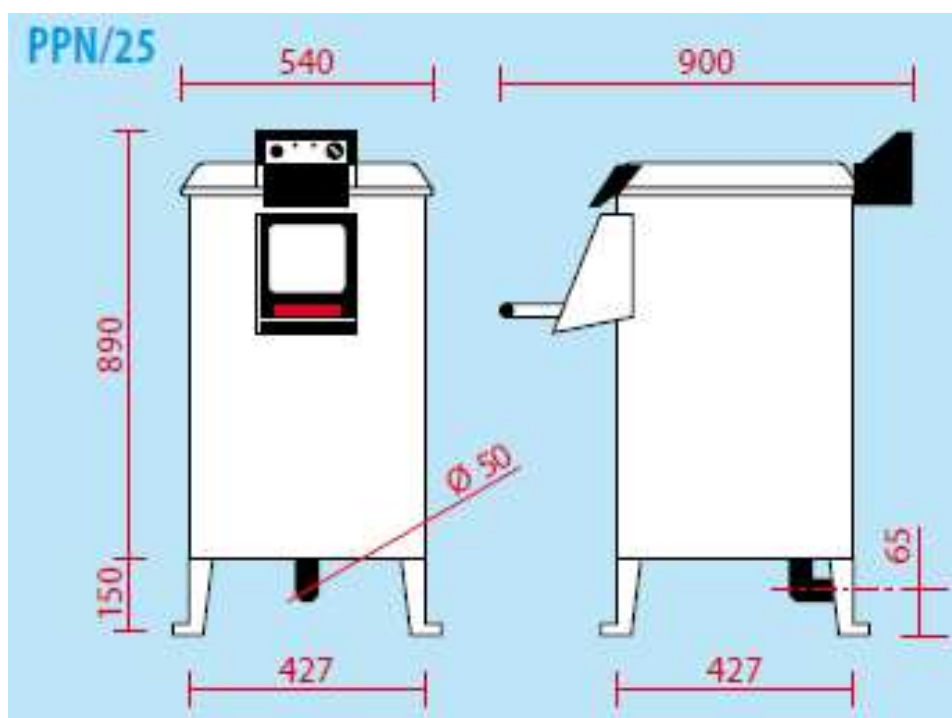
Ploče za ljuštenje: PTA (standardna za modele PPN-PPF/5-10-18), PTB (standardna za modele PPN-PPF/25), PAB (samo za modele PPN-PPF/5-10-18)

**Tablica 1 Hobart model 6460 [4]**

Model	PPN/5	PPF/5	PPN/10M	PPF/10M	PPN/18M	PPF/18M	PPN/25	PPF/25
Snaga	0,37 kW		0,75 kW		1,1 kW			
Dovod snage	230V/1N/50Hz - 230-400V/3-3N/50Hz							
Maksimalna masa sadržaja	5 kg		10 kg		18 kg		25 kg	
Satna proizvodnja	60 kg/h		120 kg/h		220 kg/h		450 kg/h	
Neto masa uređaja	26 kg	29 kg	37 kg	36 kg	40 kg	38 kg	64 kg	70 kg



Slika 5 Dimenzije modela PPF/25 [5]



Slika 6 Dimenzije modela PPF/25 [5]





Slika 7 Model PPN/25 [5]



Slika 8 Ploča za ljuštenje PTA/PTB [5]



**Slika 9 Ploča za ljuštenje PAB [5]**



**Slika 10 Ploča za ljuštenje PPC [5]**

### Poduzeće Sormac

Stroj za kontinuirano ljuštenje s noževima, modeli MS-10, MS-20, MS-20/Combi:



Slika 11 Stroj za kontinuirano ljuštenje s noževima [6]

Stroj za kontinuirano ljuštenje s noževima pogodan je za ljuštenje gomoljastih plodova. Sadržaj koji se guli transportira se pomoću svrdla i prolazi kroz horizontalni bubanj koji je iznutra opremljen s velikom količinom noževa. Efekt ljuštenja se kontrolira promjenom broja okretaja bubnja i svrdla. Ostaci ljuštenja odmah se odvajaju i izbacuju rotacijom bubnja. Otpad se može sakupiti pomoću posude koja se nalazi s donje strane stroja.

Stroj se sastoji od stabilnog kućišta, svrdla i bubnja. bubanj se pokreće sa dva motora, svaki sa jedne strane, a prijenos momenta se vrši preko klinastog remena. Svrdlo se pokreće pomoću zasebnog motora. Mlaznice pozicionirane na vanjskom obrubi svrdla omogućuju mokro ljuštenje ako je potrebno. Brzina Ljuštenja postavlja se na kontrolnoj ploči.

Proizvod koji se ljušti bi trebao imati promjer između 30 i 180 mm i mora biti očišćen od kamenja. Model MS-20 ima kapacitet ljuštenja od 1500 do 1750 kg/h. Kapacitet modela MS-20/Combi je od 1200 do 1400 kg/h, modela MS-10 od 750 do 875 kg/h.

**Tablica 2 Specifikacije stroja za kontinuirano ljuštenje s noževima [6]**

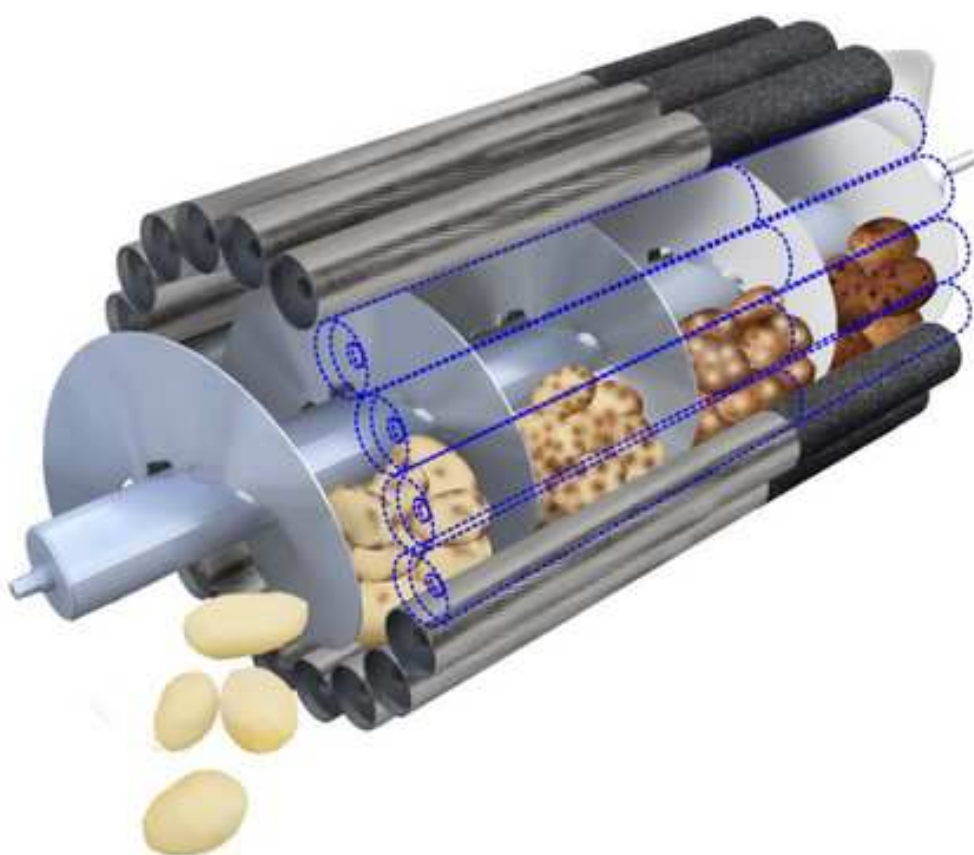
Model	MS-10	MS-20, MS-20/Combi
Napon	230/400 V, 50/60 Hz	
Snaga	2,38 kW	2,57 kW
Masa	750 kg	1000 kg
Dimenzije (D x Š x V)	2200 x 1200 x 2400 mm	3200 x 1200 x 2400 mm

Stroj za ljuštenje valjcima; model CRR-25/250:

**Slika 12 Model CRR-25/250 [6]**



**Slika 13 Prikaz valjaka [6]**



**Slika 14 Prikaz stroja s valjcima tvrtki Formit i Ekko [7]**

Ljuštenje se vrši valjcima koji tvore bubanj koji se rotira u suprotnom smjeru od samih valjaka. Svaki valjak je priključen s posebni uređajem za priključivanjem koji omogućuje jednostavno vađenje valjaka. Valjci su obloženi silicijskim karbidom.

Vrijeme zadržavanja plodova kontrolira se horizontalnim svrdlom. Postoje dva posebna dovoda vode, jedan s vanjske strane bubnja, drugi je kroz osovinu horizontalnog svrdla. Motori se nalaze u posebnom odjeljku iznad valjaka, a moment se prenosi klinastim remenom. Kapacitet stroja od 300 do 700 kg. Preporučen promjer ploda je između 5 i 45 mm.

**Tablica 3 Specifikacije modela CRR-25/250 [6]**

Snaga	6,4 kW
Dužina valjka	2500 mm
Promjer valjka	83 mm
Otvor između valjaka	< 4 mm
Broj valjaka	25
Dimenzije (D x Š x V)	4110 x 1320 x 2595 mm
Razina buke	<69 dB

Stroj za ljuštenje, modeli CSM-20 i MSM-20:



**Slika 15 Stroj za ljuštenje model MSM-20 [6]**

Ovi modeli su pogodni za ljuštenje krumpira, cikla, celera i koraba.

Model CSM-20 koristi ploču i unutrašnjost obloženu silicijskim karbidom, dok model MSM-20 koristi ploču s 15 dugačkih i 15 malih noževa koji su precizno pozicionirani kako bi spriječili prevelike gubitke kod guljenja. Ploče se mogu izvaditi radi čišćenja. Motor se nalazi unutar kućišta stroja.

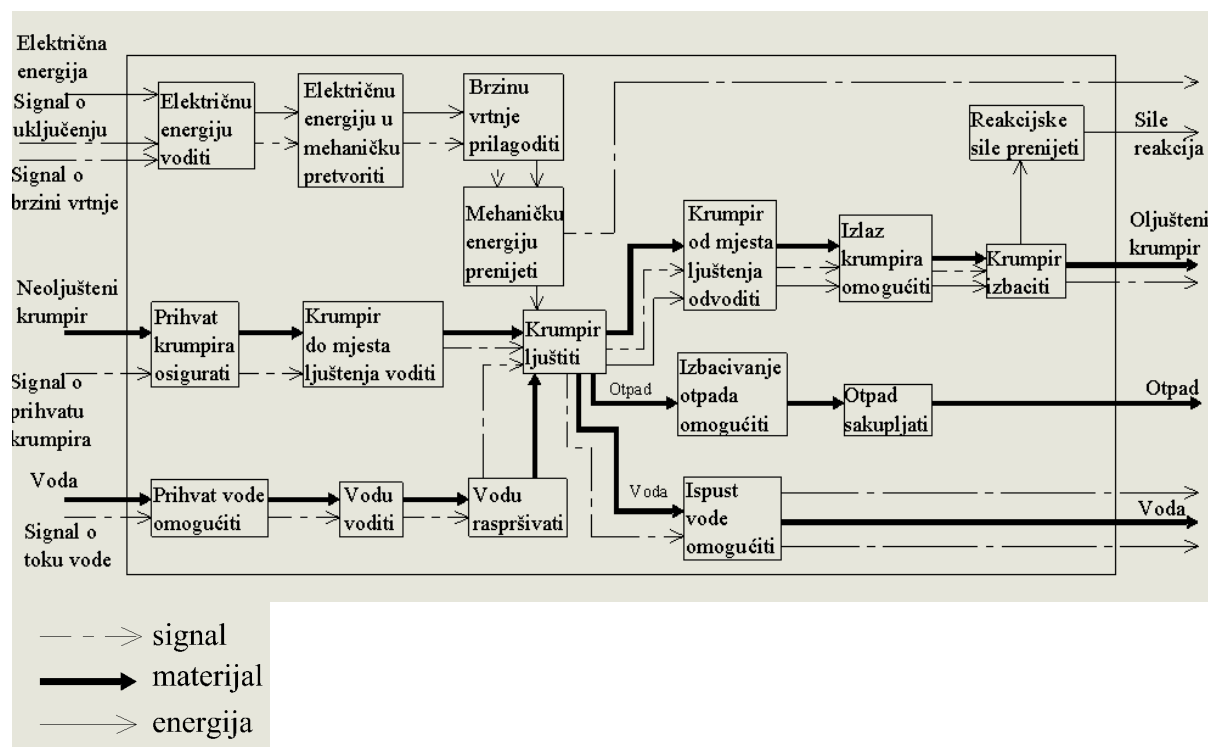
Stroj ljušti od 15 do 20 kg po ciklusu koji može trajati od 1 do 5 minuta. Kapacitet ovisi o vrsti ploda koji se ljušti i željenom postotku otpada.

**Tablica 4 Specifikacije modela CSM-20 i MSM-20 [6]**

Model	CSM-20	MSM-20
Izvedba	Ploča obložena silicijskim karbidom	Ploča opremljena noževima
Napon	400 V, 50 Hz	
Snaga	1,1 kW	
Brzina	190 okr./min.	
Dimenzije (D x Š x V)	595 x 850 x 1050 mm	595 x 750 x 1050 mm



### 3. FUNKCIJSKA DEKOMPOZICIJA








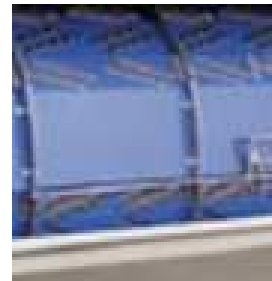






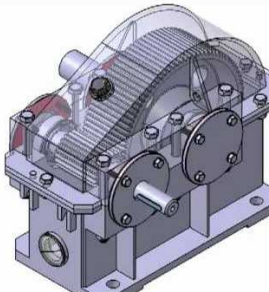

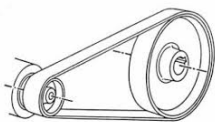
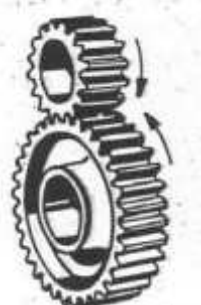



Slika 16 Funkcijska dekompozicija



## 4. MORFOLOŠKA MATRICA

Tablica 5 Morfološka matrica

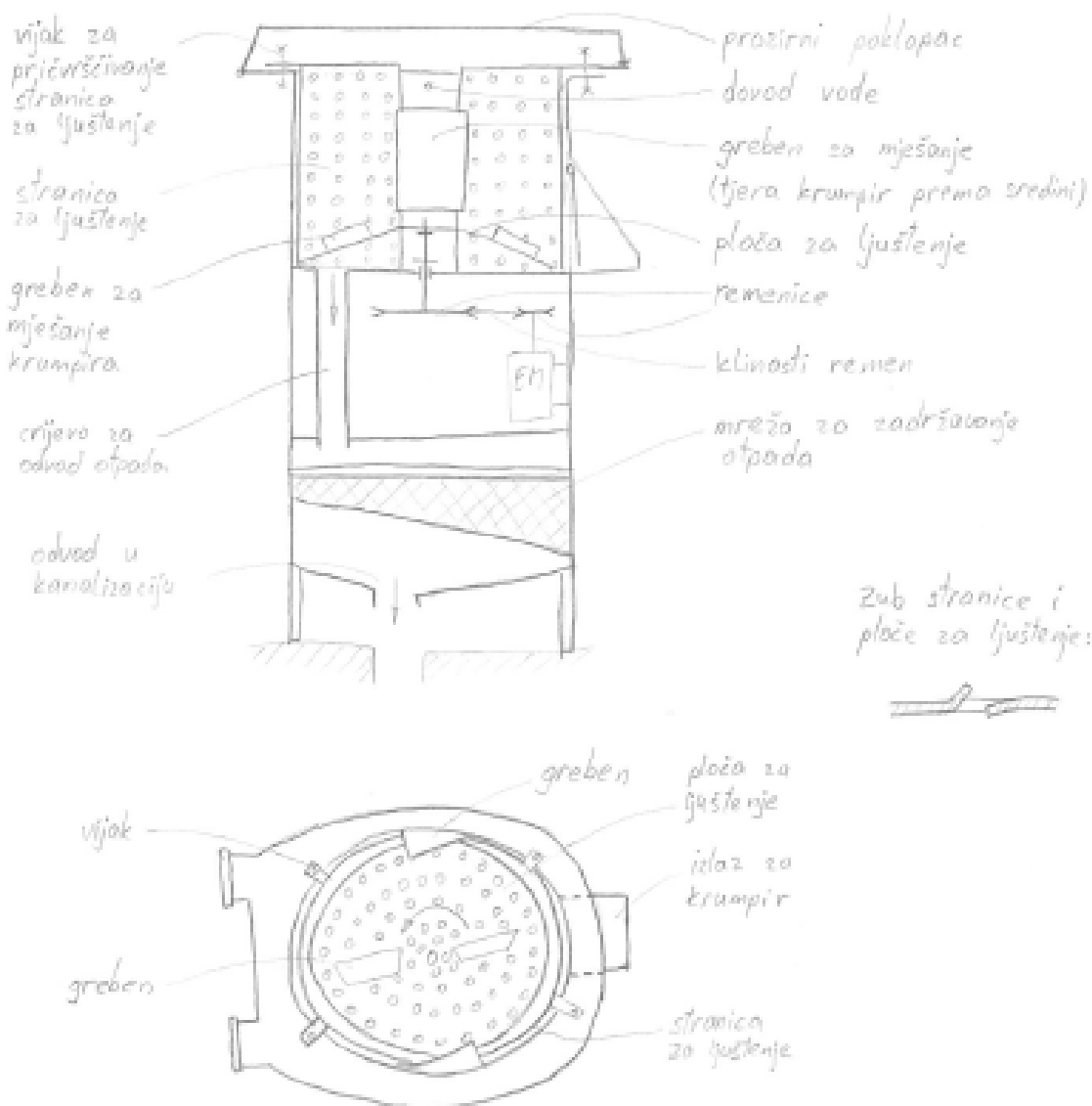
1. Prihvat krumpira osigurati	Vrata		Ulaz
			
2. Krumpir do mjesta ljuštenja voditi	Ručno	Pužni transporter	Pokretna traka
			
3. Krumpir ljuštiti	Brusna ploča		Četka
			
	Ribež		Noževi
			
Fakultet strojarstva i brodogradnje		20	

4. Izlaz krumpira omogućiti	Vrata 		Izlaz 
5. Električnu energiju voditi	Kablovi 		
6. Električnu energiju u mehaničku pretvoriti	Elektromotor 		
7. Brzinu vrtnje prilagoditi/ 8. mehaničku energiju prenijeti	Reduktor 	Lančani prijenos 	Remenski prijenos 
	Zupčanci 		Tarni prijenos 
9. Reakcijske sile prenijeti	Valjni ležaj 	Klizni ležaj 	

10. Prihvat vode omogućiti	Priključak za crijevo 	
11. Vodu voditi	Crijevo za vodu 	Cijev 
12. Vodu raspršivati	Mlaznice 	Provrti na cijevi

## **5. KONCIPIRANJE I VREDNOVANJE KONCEPATA**

Koncepti rješenja izvedbi stroja za ljuštenje krumpira orijentirati će se prema analiziranim patentima i postojećim proizvodima kao i ostalim principima odvajanja ljuštore. Pogon stroja mora biti na standardnoj mreži od 220 V, kapacitet stroja otprilike 10 kg/min, te je također potrebno riješiti odstranjivanje otpadnog materijala.

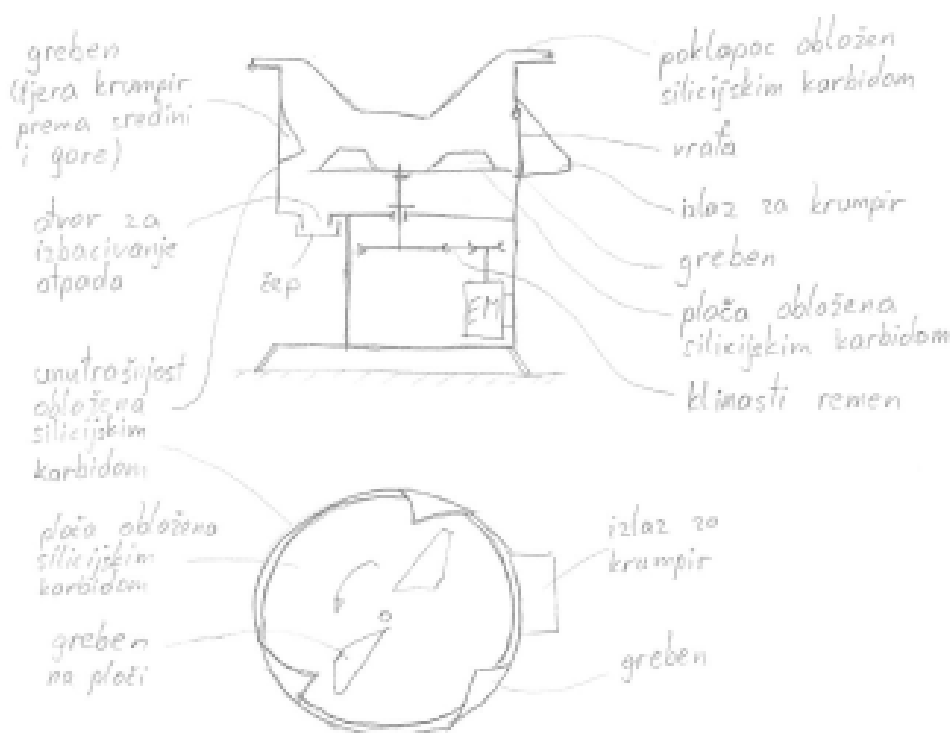
**5.1. Koncept 1****Slika 17 Koncept 1****Opis koncepta 1:**

Stroj ima nekontinuiranu proizvodnju, odnosno, stroj se napuni krumpirom, zatim se pokrene te ovisno o efikasnosti ljuštenja se zaustavi i krumpir se rotacijom izbaci kroz vrata. Voda se kontinuirano raspršuje po unutrašnjosti radi što efikasnijeg rad i što boljeg odstranivanja otpada.

Ljuštenje se vrši preko ploče rotacijske koja je izvedena poput ribeža i preko stacionarnih stranica također izvedenih poput ribeža. Stranice i ploča jednostavno se mogu izvaditi radi čišćenja unutrašnjosti od neispranih ostataka. Na stranicama i ploči nalaze se po dva grebena koji služe za mješanje krumpira te se tako postiže ujednačenost ljuštenja.

Pogon se vrši elektromotorom spojeniim na standardnu mrežu, a prijenos momenta klinastim remenom koji se nalaze u komori zaštićenoj od pristupa vode. Predviđeno je da je stroj spojen na kanalizacijski odvod gdje bi odlazila voda, a mrežasta ladica bi zadržavala ostatke ljuštenja.

## 5.2. Koncept 2



**Slika 18 Koncept 2**

Opis koncepta 2:

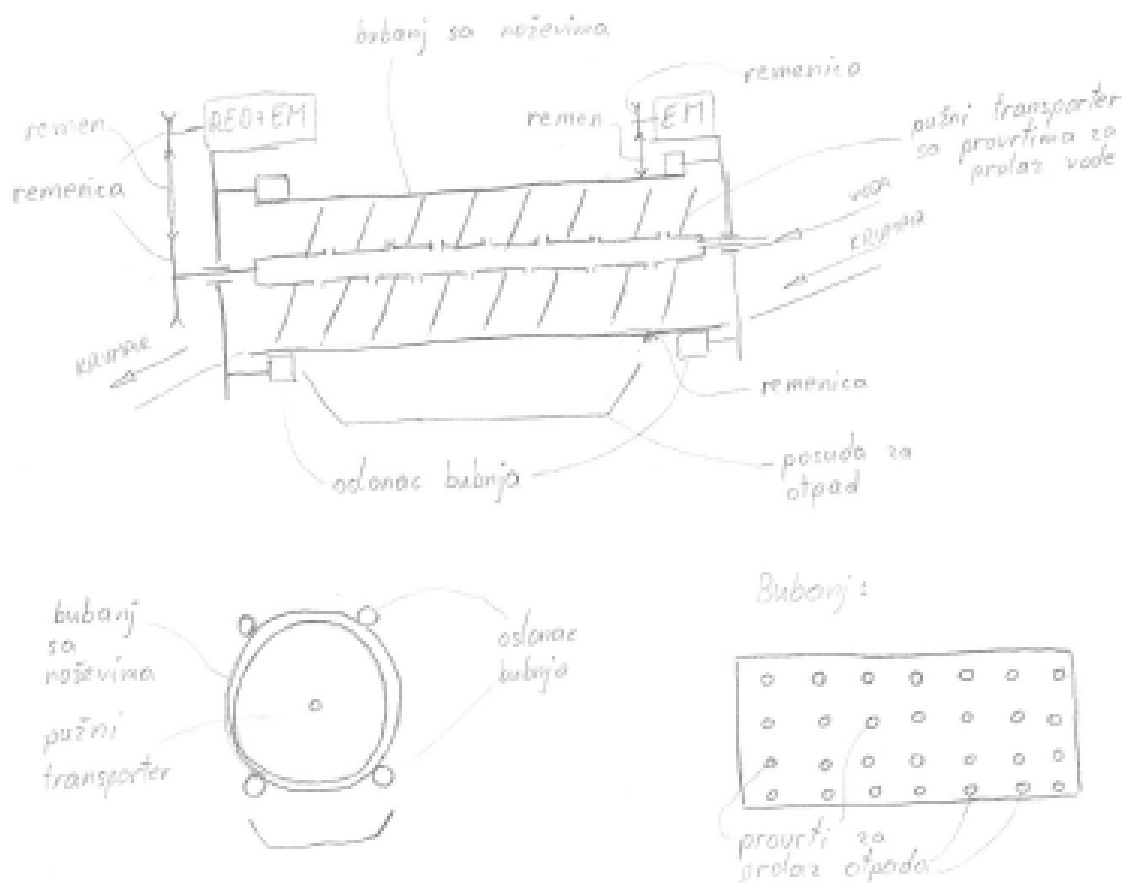
Stroj ima nekontinuiranu proizvodnju i radi pri jednokratnom dodavanju vode. krumpir se dovede u uređaj ručno ili preko konvejera. Nakon toga poklopac se zatvara i počinje proces. prije dodavanja krumpira potrebno je dodati dovoljnu količinu vode. Nakon ljuštenja ostatci se isprazne u samostalnu posudu kroz otvor koji je do tada bi zatvoren čepom.

Ljuštenje se vrši preko tarne rotacione ploče, stacionarnih zidova i stacionarnog poklopca obloženih silicijskim karbidom. Na zidovima i ploči se nalaze grebeni koji su

oblikovani tako da usmjeravaju krumpir prema obloženom poklopcu koji je dodatni tarni element te dodatno mješaju krumpir. Tako se postiže velika ujednačenost ljuštenja.

Pogon je elektromotor spojen na standardnu mrežu, prijenos gibanja se vrši preko klinastog remena. Tarna ploča može se izvaditi radi čišćenja unutrašnjosti stroja.

### 5.3. Koncept 3



Slika 19 Koncept 3

Opis koncepta 3:

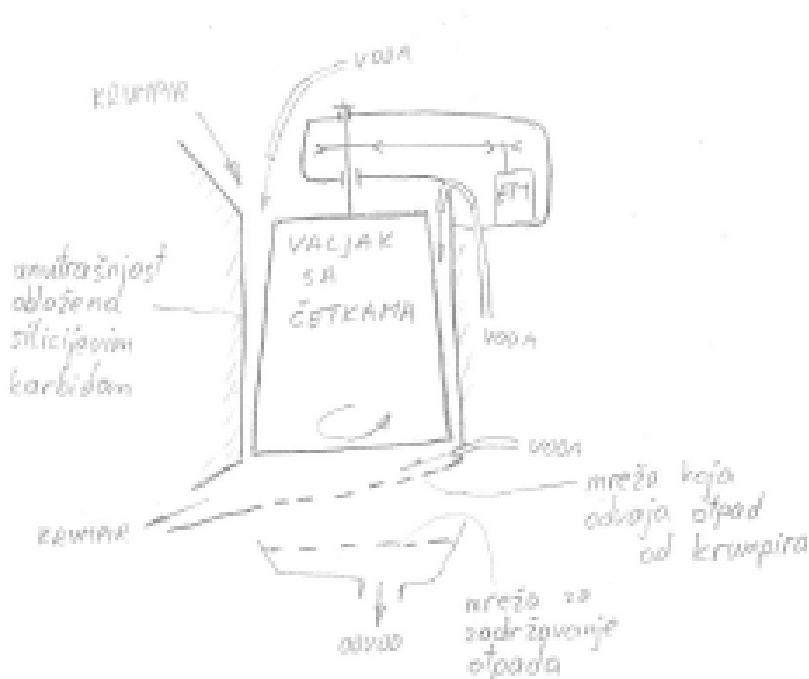
Stroj ima kontinuiranu proizvodnju i kontinuiran dotok vode. Stroj je moguće jednostavno koristiti u kontinuiranoj i automatiziranoj proizvodnji.

Ljuštenje se vrši pomoću noževa vijcima pričvršćenim na bubanj koji se pogoni elektromotorm preko klinastog remena. Noževi su od unutrašnjosti bubnja izdignuti korištenjem gumenih podloški te je korištenjem različitih visina i nagiba podloški moguća manipulacija efikasnosti, količinom odstranjenog materijala i samom brzinom ljuštenja. Noževi se nalaze iznad izrezanog otvora te je zamišljenoda nakon kontakta površine krumpira

i noža odstranjeni materijal odmah nausti bubanj. Radi još boljeg odstranjivanja otpada na bubnju se nalaze provrti. Krumpir je kroz bubanj gonjen pužnim transporterom koji se pogoni zasebnim elektromotorm i okreće se mnogo manjom brzinom od samog bubnja. Transportni puž je još jedan element preko kojeg se može upravljati procesom ljuštenja, ovisno o njegovoj brzini vrtnje krumpir će se kraće ili duže zadržavati u bubnju.

Dovod vode u unutrašnjost bubnja vrši se kroz pužni transporter koji je izveden od cijevi na koju je zavarena zavojnica. Voda se u cijev dovodi kroz šuplju osovinu preko priključka za vodu koji omogućuje rotaciju, a na cijevi se nalaze provrti koji služe za raspršivanje vode po krumpiru.

#### 5.4. Koncept 4



**Slika 20 Koncept 4**

Opis koncepta 4:

Stroj ima kontinuiranu proizvodnju i radi pri konstantom dotoku vode. Stroj je moguće jednostavno koristiti u kontinuiranoj i automatiziranoj proizvodnji.

Ljuštenje se vrši valjkom sa četkama koji se rotira relativno velikim brzinama i sa zidovima obloženima silicijskim karbidom. Valjak je izveden u obliku konusa kako bi prihvat krumpira bio lakši, a da se efikasnost ljuštenja ne smanji. Nakon ulazka u stroj krumpir je konstantno u dodiru sa valjkom i zidom te je zamišljeno da bi krumpir napravio nekoliko rotacija oko osi valjka te su zbog toga dodane dodatne mlaznice za vodu kako bi se krumpir



što bolje ispirao od otpada. Krumpir se od ostataka odvaja, uz pomoć vode, preko sita koje zadržava krumpir, a propušta ostatke. Sljedeće sito odvaja ostatke od vode kako bi bilo moguće ispuštanje vode u kanalizaciju.

Pogon se vrši elektromotorom koji se nalazi u posebnoj komori, a rotacija motora prenosi se klinastim remenom.

## 5.5. Vrednovanje koncepata

Vrednovanje koncepata izvršit će se usporedbom koncepata preko kriterija za koje je procijenjeno da su važni. U svakom kriteriju koncepti će biti rangirani tako da najbolji dobije ocjenu 4, a najgori ocjenu 1, a važnost samih kriterija određena je težinskim faktorom tako da će najvažniji dobiti vrijednost faktora 5, a onaj manje važan će dobiti vrijednost 1. Zbrajanjem umnožaka težinskih faktora i ocjena svakog pojedinog koncepta dobit će se najbolji koncept koji će se dalje razraditi.

**Tablica 6 Tablica vrednovanja koncepata**

Kriteriji	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Ukupno
Težinski faktor	5	2	4	3	3	4	5	
<b>Koncept 1</b>	2	1	2	4	3	3	4	<b>73</b>
<b>Koncept 2</b>	2	4	2	3	2	2	3	<b>64</b>
<b>Koncept 3</b>	4	1	4	2	4	4	1	<b>77</b>
<b>Koncept 4</b>	1	1	4	1	1	1	2	<b>43</b>

C1 - Mogućnost upravljanja procesom

C2 - Neovisnost o pristupu vodovodnog priključka i kanalizacije

C3 - Proizvodnja u jedinici vremena

C4 - Jednostavnost češćenja stroja

C5 - Izmjenjivost dijelova

C6 - Efikasnost odstranjivanja otpadnog materijala

C7 - Jednostavnost izvedbe

Prema tablici 5. i zadanim uvjetima vrednovanja koncept 3 najbolje zadovoljava kriterije usporedbe te će se zbog toga taj koncept dalje razraditi.

## 6. PRORAČUN

### 6.1. Pogon pužnog transportera

Odabrane dimenzije bubnja i pužnog transportera uzimajući u obzir analizirane proizvode:

$l_B = 1500 \text{ mm}$  - dužina bubnja

$d_B = 400 \text{ mm}$  - promjer bubnja

$d_{p,t} = 380 \text{ mm}$  - vanjski promjer pužnog transportera

$P_{h,p,t} = 300 \text{ mm}$  - korak zavojnice pužnog transportera

Određivanje brzine vrtnje pužnog transportera:

$t = 1 \text{ min}$  - zadano vrijeme ljuštenja za 10 kg krumpira

Brzina transporta pužnim transporterom:

$$v = P_{h,p,t} n_{p,t}$$

$$\frac{l_B}{t} = P_{h,p,t} \cdot n_{p,t}$$

iz gornje jednadžbe proizlazi potrebna brzina vrtnje pužnog transportera je:

$$n_{p,t} = \frac{l_B}{t \cdot P_{h,p,t}} = \frac{1500}{1 \cdot 300} = 5 \text{ min}^{-1}$$

S obzirom da se bez eksperimenta ne može odrediti opterećenje pogona odabir motora vršit će se uzimajući u obzir analizirane proizvode. izabrani su reduktor i motor u sklopu:

**HU 55C 3A 71-06F-TH-TF-K1** [8]

Glavne karakteristike motora i reduktora su:

$n_{r,p,t} = 10 \text{ min}^{-1}$  - brzina vrtnje na izlazu reduktora

$M_{r,p,t} = 236 \text{ Nm}$  - moment na izlazu reduktora

$P_{em,p,t} = 0,25 \text{ kW}$  - snaga elektromotora

## 6.2. Pogon bubnja

Snaga elektromotora i brzina vrtnje odabrani su uzimajući u obzir analizirane proizvode.

$n_B = 180 \text{ min}^{-1}$  - odabrana brzina vrtnje bubnja

Odabran je elektromotor: **3BWAG 100L-04-TH-TF** [8]

Glavne karakteristike elektromotora:

$P_{em.B} = 2,2 \text{ kW}$  - snaga elektromotora bubnja

$M_{em.B} = 15 \text{ Nm}$  - okretni moment elektromotora bubnja

$n_{em.B} = 1435 \text{ min}^{-1}$  - brzina vrtnje elektromotora

Prijenos momenta na bubanj vrši se preko klinastog remena, stoga je potrebni prijenosni omjer bubnja:

$$i_B = \frac{n_{em.B}}{n_B} = \frac{1435}{180} = 7,972$$

## 6.3. Orijentacijski proračun kapaciteta stroja

Volumen bubnja:

$$V_B = \pi r_B^2 \cdot 1,5 = \pi \cdot 0,2^2 \cdot 1,5 = 0,1885 \text{ m}^3$$

Pretpostavljeni volumen koji zauzima krumpir:

$$V_{Kr} = 20\%V_B = 0,25 \cdot 0,1885 = 0,0377 \text{ m}^3$$

Pretpostavka je da od volumena kojeg zauzima krumpir 20% zauzima zrak, odnosno 20% od volumena kojeg krumpir zauzima u bubnju volumen prostora između krumpira je 20%, pa je volumen same mase krumpira:

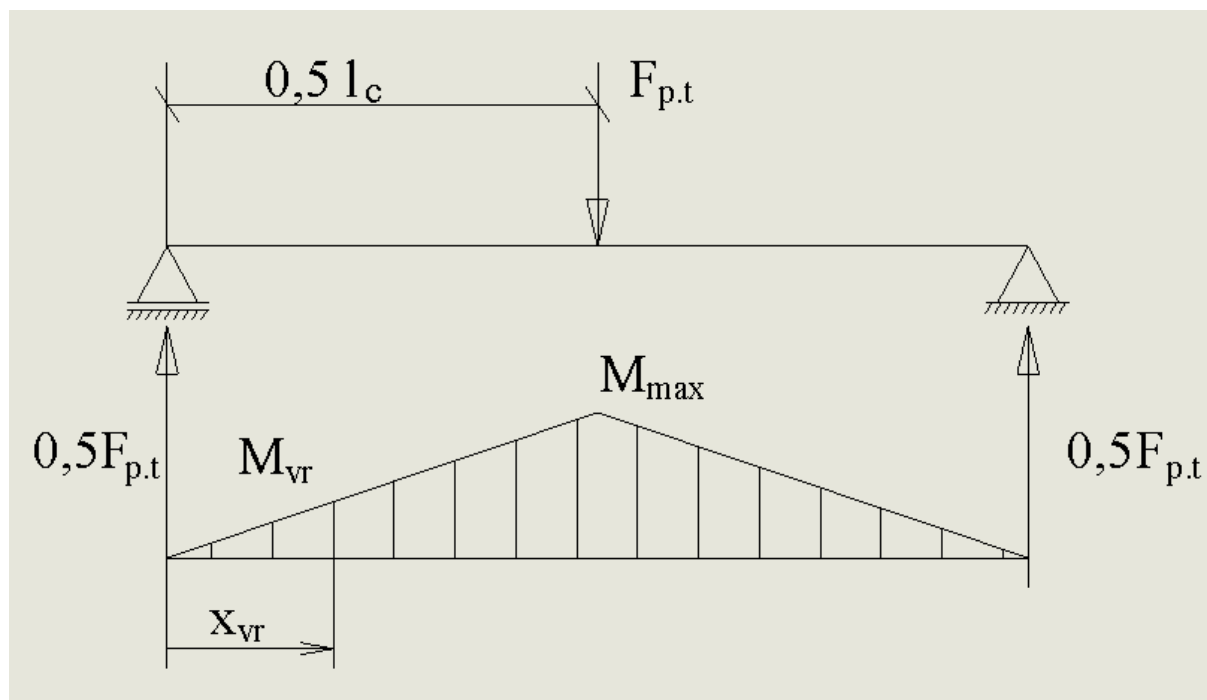
$$V_{m,Kr} = 80\%V_{Kr} = 0,80 \cdot 0,0377 = 0,03 \text{ m}^3$$

Iz toga slijedi da je orijentacijska masa krumpira koja se nalazi u bubnju:

$$m_{Kr} = \rho_{Kr} \cdot V_{m,Kr}$$

$$\rho_{Kr} = 641 \text{ kg/m}^3 \text{ - gustoća krumpira prema [9]}$$

$$m_{Kr} = 641 \cdot 0,03 = 19,23 \text{ kg}$$

**6.4. Dimenzioniranje vratila pužnog transportera****Slika 21 Opterećenje pužnog transportera**

Pužni transporter je opterećen vlastitom težinom i masom vode koja se nalazi u cijevi radi odstranjivanja otpadnog materijala i lakšeg ljuštenja. Opterećenje je prikazano koncentriranom silom  $F_{p.t}$  koja stvara moment savijanja.  $M_{max}$  je najveći momen savijanja u cijevi pužnog transportera, a  $M_{vr}$  je najveći moment savijanja vratila na udaljenost  $x_{vr}$  od oslonca vratila.

$$F_{p.t} = m_{p.t} \cdot g + \rho_v \cdot g \cdot V_c$$

$m_{p.t} = 54 \text{ kg}$  - masa pužnog transportera očitana iz CAD modela

$\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$  - gustoća vode

$V_c = l_c \cdot 0,25 d_{c,u}^2 \pi = 1,6 \cdot 0,25 \cdot 0,06^2 \pi = 4,5239 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$  - volumen unutrašnjosti cijevi pužnog transportera

$$F_{p.t} = 54 \cdot 9,81 + 1000 \cdot 9,81 \cdot 4,5239 \cdot 10^{-3} = 574 \text{ N}$$

Odabrani materijal vratila, šuplje osovine i cijevi pužnog transportera je nehrđajući čelik X8CrNb17.

Udaljenost oslonca  $x_{vr}$  od mjesta spajanja vratila i cijevi pužnog transportera je 70 mm, odnosno 0,07 m.

Maksimalni moment savijanja vratila jednak je:

$$M_{vr} = 0,5 F_{p,t} \cdot x_{vr} = 0,5 \cdot 574 \cdot 0,07 = 20 \text{ Nm}$$

Dopušteno naprezanje čelika X8CrNb17:

$$\sigma_{dop} = \frac{R_{p0,2}}{S}$$

$$R_{p0,2} = 270 \text{ N/mm}^2 - \text{granica tečenja čelika X8CrNb17 [10]}$$

$S = 3$  - odabrani faktor sigurnosti

$$\sigma_{dop} = \frac{270}{3} = 90 \text{ N/mm}^2$$

Minimalni potrebni promjer vratila pužnog transportera:

$$d_{vr,p,t,min} \geq \sqrt[3]{\frac{M_{vr}}{0,1\sigma_{dop}}} = \sqrt[3]{\frac{20\,000}{0,1 \cdot 90}} = 13,05 \text{ mm}$$

Odabrani promjer vratila pužnog transportera  $d_{vr,p,t} = 20 \text{ mm}$ .

### 6.5. Provjera čvrstoće cijevi pužnog transportera

Moment otpora presjeka cijevi pužnog transportera:

$$W_{c,p,t} = 0,1 \cdot \frac{d_{c,v}^4 - d_{c,u}^4}{d_{c,v}}$$

$d_{c,v} = 70 \text{ mm}$  - vanjski promjer cijevi pužnog transportera

$d_{c,u} = 60 \text{ mm}$  - unutarnji promjer cijevi pužnog transportera

$$W_{c,p,t} = 0,1 \cdot \frac{70^4 - 60^4}{70} = 15\,786$$

Maksimalno naprezanje u cijevi pužnog transportera uslijed savijanja:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_{c,p,t}}$$

$$M_{max} = 0,5 F_{p,t} \cdot 0,5 l_c = 0,5 \cdot 574 \cdot 0,5 \cdot 1,6 = 230 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{max} = \frac{230\,000}{15\,786} = 15 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{dop} = 90 \text{ N/mm}^2$$

Čvrstoća cijevi pužnog transportera zadovoljava.

## 6.6. Provjera čvrstoće šuplje osovine za dotok vode

Moment otpora presjeka šuplje osovine:

$$W_{\text{š.o}} = 0,1 \cdot \frac{d_{\text{š.o,v}}^4 - d_{\text{š.o,u}}^4}{d_{\text{š.o,v}}}$$

$d_{\text{š.o,v}} = 20 \text{ mm}$  - vanjski promjer šulje osovine

$d_{\text{š.o,u}} = 4 \text{ mm}$  - unutarnji promjer šuplje osovine

$$W_{\text{š.o}} = 0,1 \cdot \frac{20^4 - 4^4}{20} = 799 \text{ mm}^3$$

Maksimalno naprezanje u šupljoj osovini uslijed savijanja:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{W_{\text{š.o}}} = \frac{20\,000}{799} = 25 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{\text{dop}} = 90 \text{ N/mm}^2$$

Čvrstoća šuplje osovine zadovoljava.

## 6.7. Provjera odabranog ležaja vratila i osovine cijevi pužnog transportera

Odabran je jednoredni kuglični ležaj : 6304-2RS1 [11]

Kako je brzina vrtnje pužnog transportera  $n_{\text{p.t}} = 5 \text{ min}^{-1} < n_{\text{m}} = 10 \text{ min}^{-1}$  ležaj se provjerava preko statičke nosivosti.

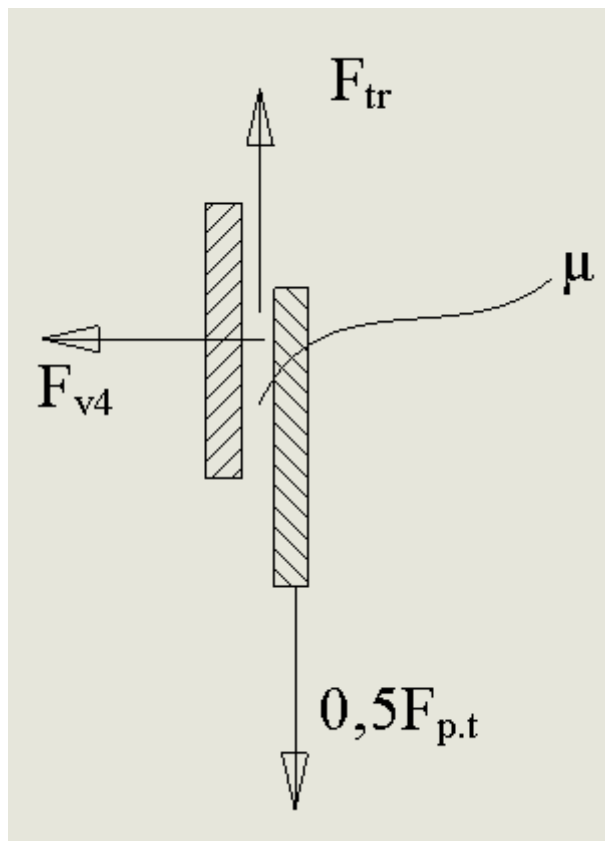
$$s_0 = \frac{C_0}{P_{\text{p.t}}} > s_{0_{\text{min}}} = 2,5$$

$$P_{\text{p.t}} = 0,5 F_{\text{p.t}} = 0,5 \cdot 574 = 287 \text{ N}$$

$C_0 = 5 \text{ kN}$ , prema [11]

$$s_0 = \frac{5\,000}{287} > s_{0_{\text{min}}} = 2,5$$

Odabrani ležaj zadovoljava.

**6.8. Proračun vijaka ploče oslonca pužnog transportera****Slika 22 Skica opterećenja vijaka na spoju**

Ploča oslonca pužnog transportera i nosač oslonca ležaj pričvršćeni su s 4 M5 vijka kvaliteta 8.8. Opterećenje pužnog transportera  $F_{p.t}$  prenosi se silom trenja na vijke.

$$F_{tr} = \mu F_{v4} = 0,5 F_{p.t}$$

$\mu = 0,15$  faktor trenja čelik na čelik, prema [12]

$F_{v4}$  - ukupna sila u sva 4 vijka

$$F_{v4} = \frac{F_{tr}}{\mu} = \frac{287}{0,15} = 1913 \text{ N}$$

Vlačna sila u jednom vijku:

$$F_v = \frac{F_v}{N}$$

$N = 4$  - broj vijaka

$$F_v = \frac{1913}{4} = 478,25 \text{ N}$$

Dopušteno naprezanje u vijku:

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{\sigma^T}{S}$$

$\sigma^T = 640 \text{ N/mm}^2$  - minimalna grnica tečenja

$S = 3$  - odabrani faktor sigurnosti

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{640}{3} = 213 \text{ N/mm}^2$$

Vlačno naprezanje u vijku:

$$\sigma_v = \frac{F_v}{A_j}$$

$A_j = 12,7 \text{ mm}^2$  - površina jezgre vijka, prema [12]

$$\sigma_v = \frac{478,25_v}{12,7} = 35 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \sigma_{\text{dop}} = 213 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Čvrstoća vijaka zadovoljava.

Potreban moment pritezanja:

$$T_{pr} \approx F_v \left( 0,16 P + \mu \frac{d_2 + D_{sr}}{2} \right)$$

$P = 0,8 \text{ mm}$  - uspon navoja, prema [12]

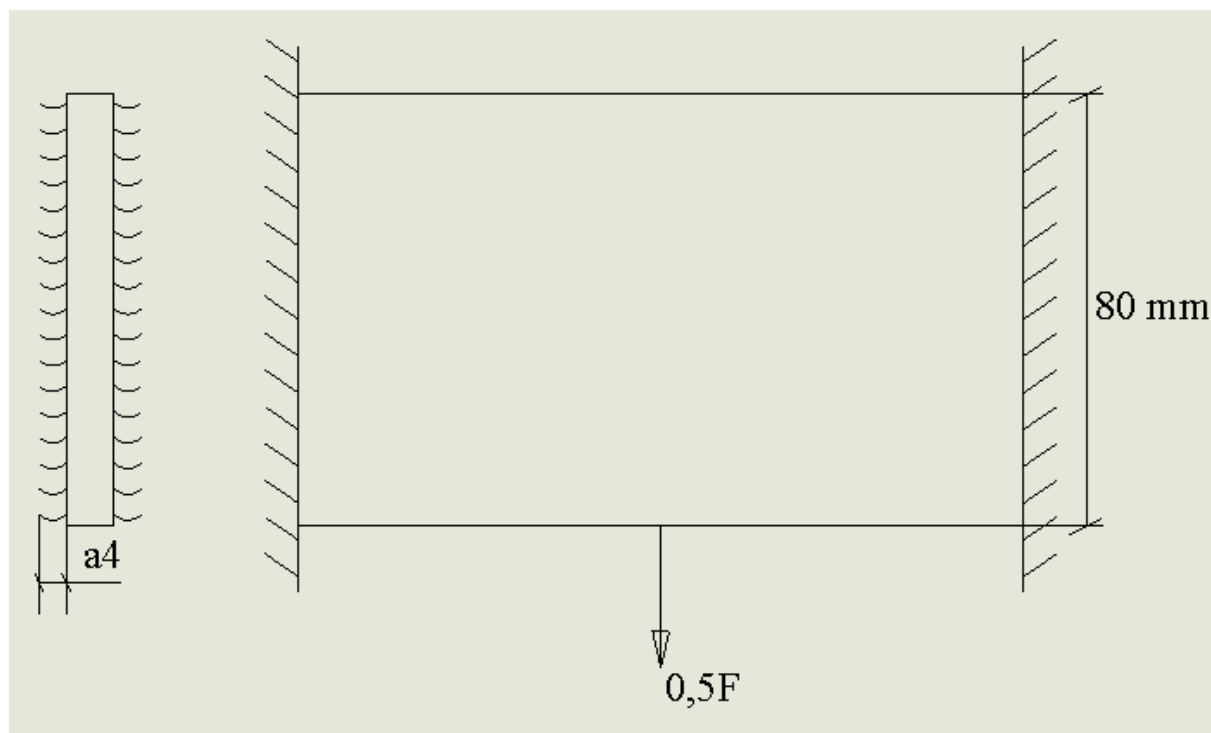
$\mu = 0,2$  - koeficijent trenja na bokovima navoja i na glavi vijka [13]

$d_2 = 4,48 \text{ mm}$  - srednji promjer navoja

$D_{sr} = 7,5 \text{ mm}$  - srednji promjer površine glave

$$T_{pr} \approx 478,25 \left( 0,16 \cdot 0,8 + 0,2 \frac{4,48 + 7,5}{2} \right) = 634 \text{ Nmm}$$



**6.9. Proračun zavora spoja oslonca pužnog transportera i RHS kutijastog profila****Slika 23 Opterećenje zavora spoja oslonca pužnog transportera i RHS kutijastog profila**

Konstrukcija je izrađena od čelika S235JRG2 za koji je dopušteno smično naprezanje:

$$\tau_{\text{dop}} = 112 \text{ N/mm}^2$$

Naprezanje u zavaru:

$$\tau_{\text{zav}} = \frac{0,5F_{\text{p.t}}}{A_{\text{zav}}}$$

$$A_{\text{zav}} = 4a \cdot 80 = 1280 \text{ mm}^2 \text{ - površina zavora}$$

$$\tau_{\text{zav}} = \frac{287}{1280} = 0,22 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < \tau_{\text{dop}} = 112 \text{ N/mm}^2$$

Čvrstoća zavora zadovoljava.

**6.10. Proračun remenskog prijenosa**Remen pužnog transportera:

Remen pužnog transportera je normalni klinasti remen Z profila.

$d_{1p.t} = 80 \text{ mm}$  - Odabrani promjer remenice reduktora, zbog konstrukcijskih razloga

Potrebni prijenosni omjer remenskog prijenosa pužnog transportera:

$$i_{p.t} = \frac{n_{r.p.t}}{n_{p.t}}$$

$n_{r.p.t} = 10 \text{ min}^{-1}$  - brzina na izlazu reduktora

$n_{p.t} = 5 \text{ min}^{-1}$  - potrebna brzina vrtnje pužnog transportera

$$i_{p.t} = \frac{10}{5} = 2$$

$d_{2p.t} = i_{p.t} \cdot d_{1p.t} = 2 \cdot 80 = 160 \text{ mm}$  - promjer remenice pužnog transportera

Aktivna duljina klinastog remena:

$$L_a = 2e \sin \frac{\beta}{2} + 0,5\pi(d_{2p.t} + d_{1p.t}) + 0,5\gamma(d_{2p.t} - d_{1p.t})$$

$e = 448 \text{ mm}$  - osni razmak

$$\beta = 2 \cos^{-1} \left( -\frac{d_{2p.t} - d_{1p.t}}{e} \right) = 200,57^\circ$$

$$\gamma = 0,5\pi - 0,5\beta(\text{rad}) = -0,179 \text{ rad}$$

$$L_a = 2 \cdot 448 \sin \frac{200,57}{2} + 0,5\pi(160 + 80) - 0,5 \cdot 0,179 (160 - 80) = 1252 \text{ mm}$$

$$L_v = L_a + 11 = 1263 \text{ mm} \quad \text{- vanjska duljina remena}$$

$$L_u = L_v - 19 = 1244 \text{ mm} \quad \text{- unutarnja duljina remena}$$

Odabran je normalni klinasti remen 10 x 1250 DIN2215.

Remen bubnja:

Remen bubnja je normalni klinasti remen Z profila.

$d_{2B} = 430 \text{ mm}$  - Odabrani promjer remenice bubnja, zbog konstrukcijskih razloga

Potrebni prijenosni omjer remenskog prijenosa bubnja:

$$i_B = \frac{d_{2B}}{d_{1B}} = 7,972$$

$$d_{1B} = \frac{d_{2B}}{i_B} = \frac{430}{7,972} = 53,9 \text{ mm} - \text{potrebni promjer remenice elektromotora}$$

Radi konstrukcijskih razloga odabran je promjer remenice elektromotora  $d_{1B} = 64 \text{ mm}$

Novi prijenosni omjer:

$$i_B = \frac{430}{64} = 6,719$$

Nova brzina bubnja

$$n_B = \frac{n_{em}}{i_B} = \frac{1435}{6,719} = 213 \text{ min}^{-1}$$

Brzinu bubnja potrebno je regulirati preko elektromotora

Aktivna duljina klinastog remena:

$$L_a = 2e \sin \frac{\beta}{2} + 0,5\pi(d_{2p.t} + d_{1p.t}) + 0,5\gamma(d_{2p.t} - d_{1p.t})$$

$e = 440 \text{ mm}$  - osni razmak

$$\beta = 2 \cos^{-1} \left( -\frac{d_{2B} - d_{1B}}{e} \right) = 292,57^\circ$$

$$\gamma = 0,5\pi - 0,5\beta(\text{rad}) = -0,979 \text{ rad}$$

$$L_a = 2 \cdot 440 \sin \frac{292,57}{2} + 0,5\pi(430 + 64) - 0,5 \cdot 0,979 (430 - 64) = 1023 \text{ mm}$$

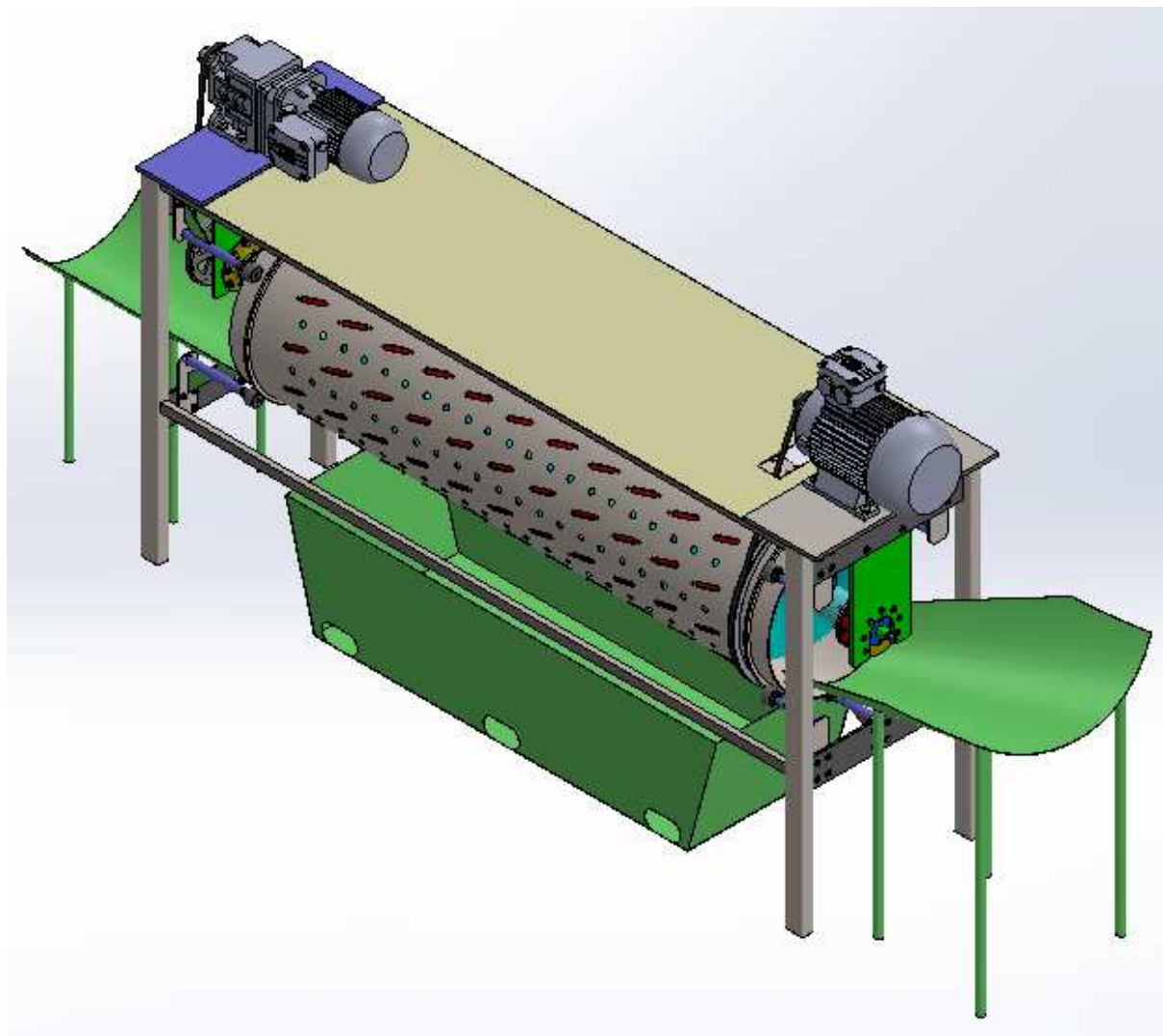
$$L_v = L_a + 11 = 1034 \text{ mm} - \text{vanjska duljina remena}$$

$$L_u = L_v - 19 = 1015 \text{ mm} - \text{unutarnja duljina remena}$$

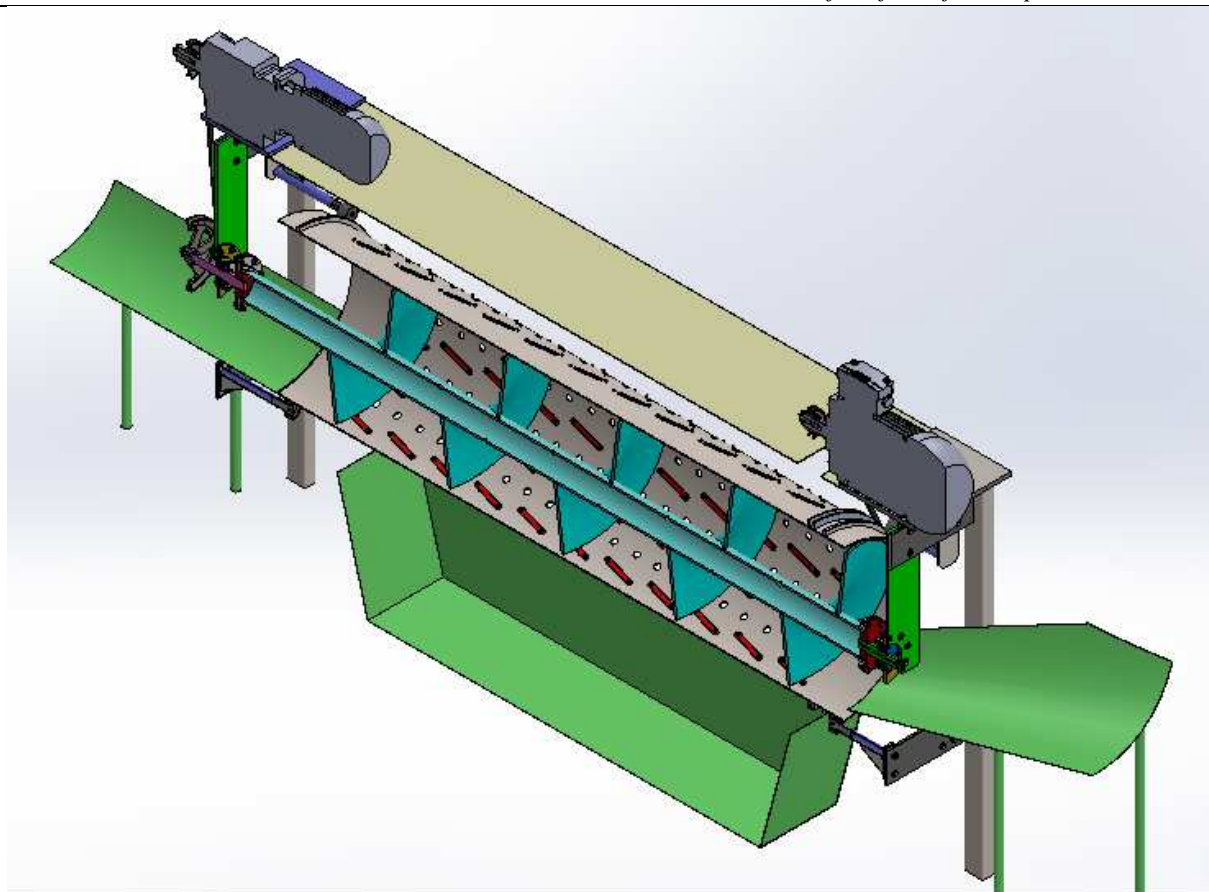
Odabran je normalni klinasti remen 10 x 1015 DIN2215.

## 7. STROJ ZA LJUŠTENJ KRUMPIRA

Nema značajnih razlika između prvotnog koncepta i same izvedbe uređaja, jedina razlika je u položaju noževa u bubnju. U konceptu je položaj noževa paralelan s osi bubnja, no tijekom razrade odlučilo se da noževi budu postavljeni pod kutem od  $15^\circ$  u odnosu os kako bi se postiga bolji efekt odvajanja. Razrađeni uređaj sastoji se od tri glavnih dijela: sklop bubnja, kućište i sklop pužnog transportera. Iz slike 24. vidljivo je da je stroj prilagođen radu u linijskoj proizvodnji, što je bila jedna od prednosti početnog koncepta u odnosu na druge.



Slika 24 Stroj za ljuštenje krumpira

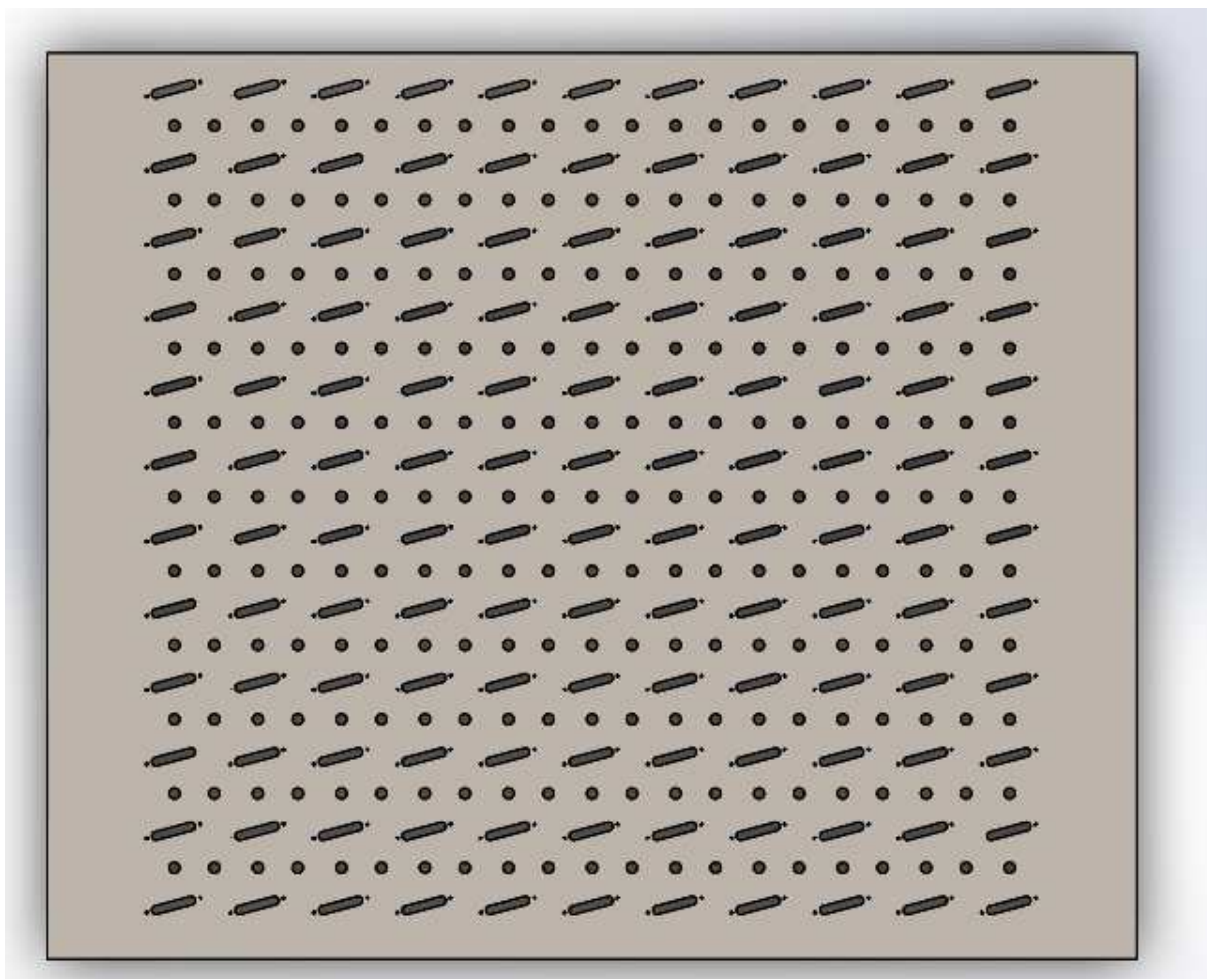


Slika 25 Stroj za ljuštenje krumpira u presjeku

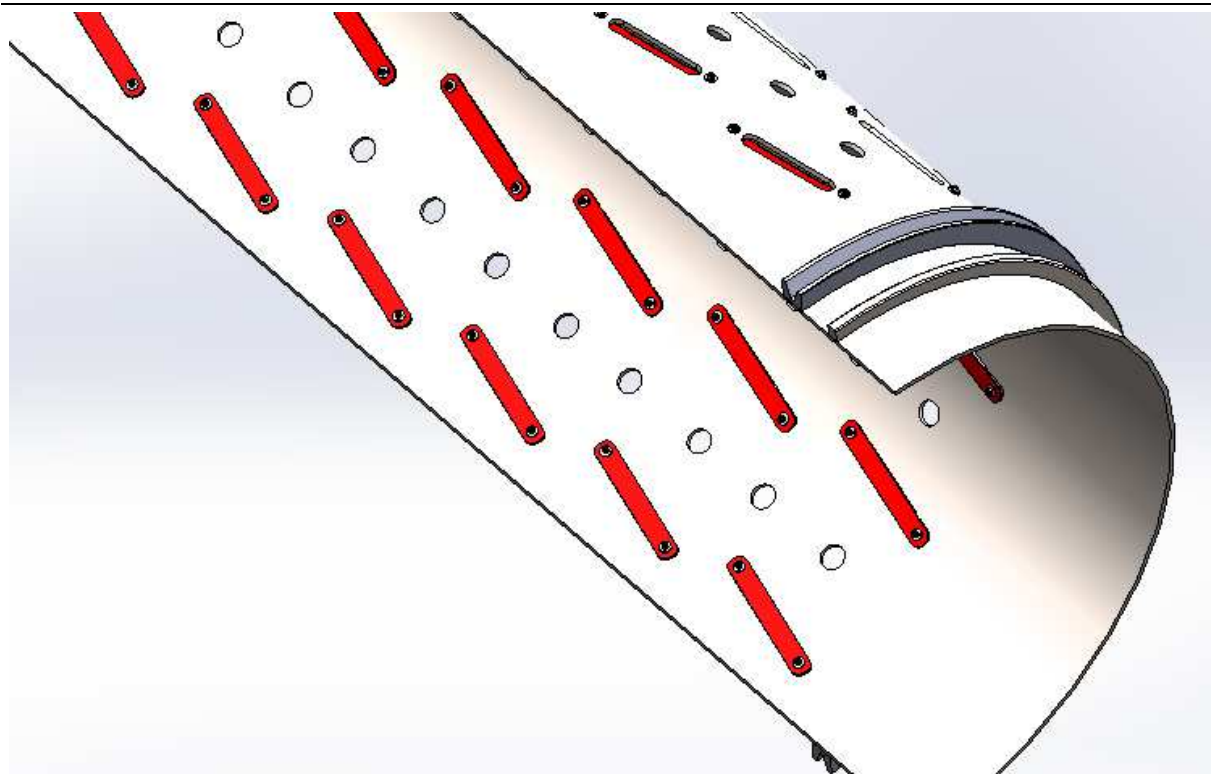
### 7.1. Sklop bubnja

Bubanj je izveden savijanjem i zavarivanjem lima iz kojeg su izrezani svi potrebni provrti prolazi koji služe za odstranjivanje otpadnog materijala, kao i provrti za pričvršćivanje noževa, što je vidljivo na slici 26. Na bubanje je bilo potrebno dodati aksijalne graničnike kao i remenicu koji se zavaruju nakon zavarivanja šava lima. Nakon što se obavi zavarivanje pričvršćuju se noževi, koji su gumenim podloškama izdignuti za 1 do 2 mm od unutarnje površine bubnja kako se vidi na slici 29.

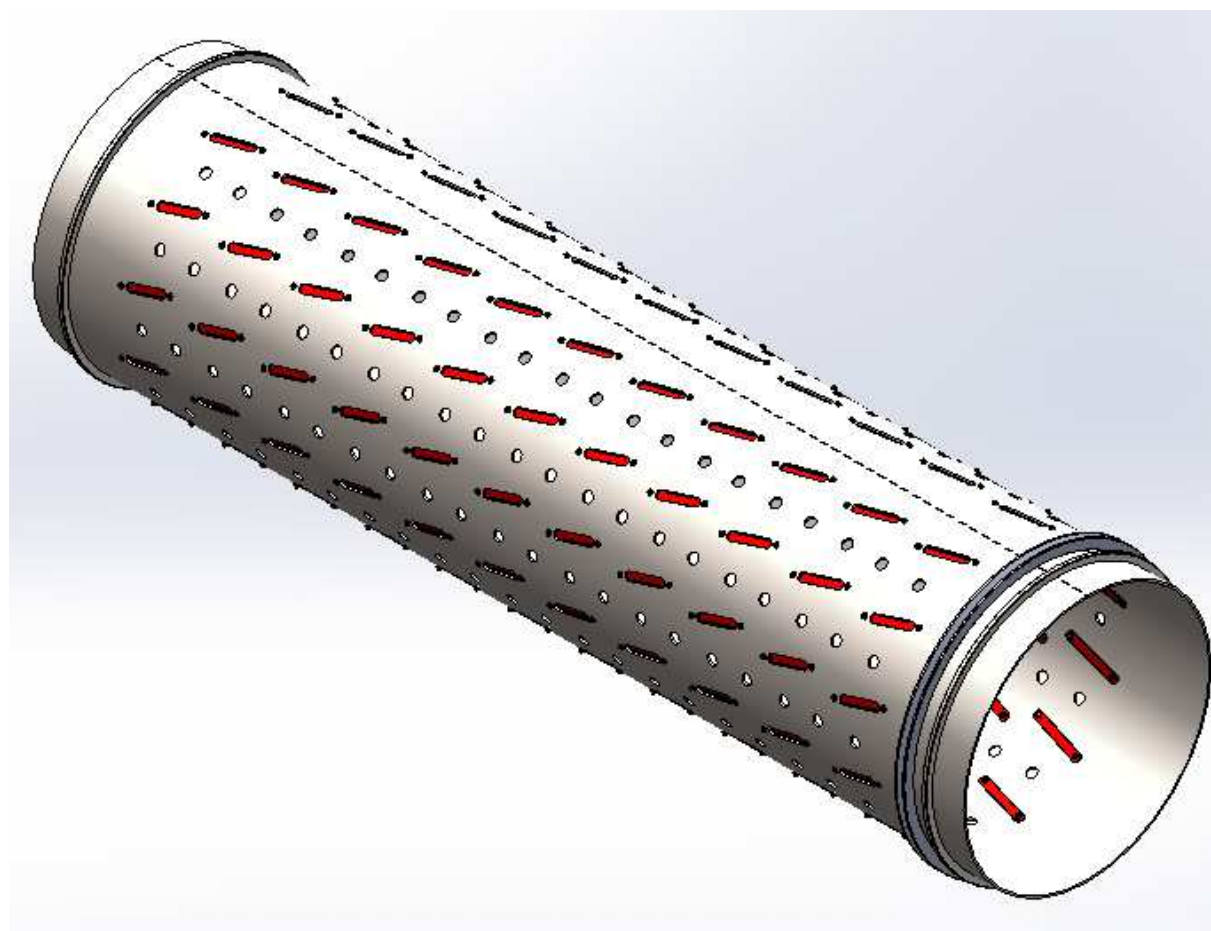
Za potpunu analizu efikasnosti procesa bilo bi potrebno provesti eksperimente s različitim visinama noža i s različitim nagibima na tangencijalnu ravninu.



Slika 26 Izrezani lim sa svim potrebnim provrtima i prolazima za otpad

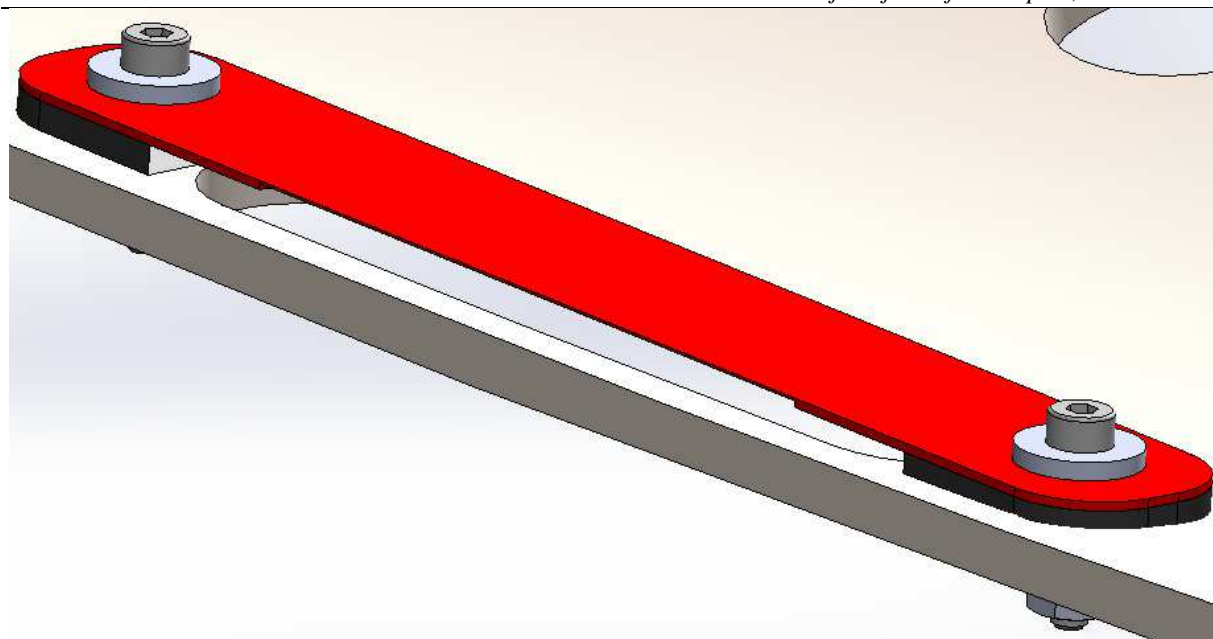


Slika 27 Položaj noževa u bubnju



Slika 28 Sklop bubnja





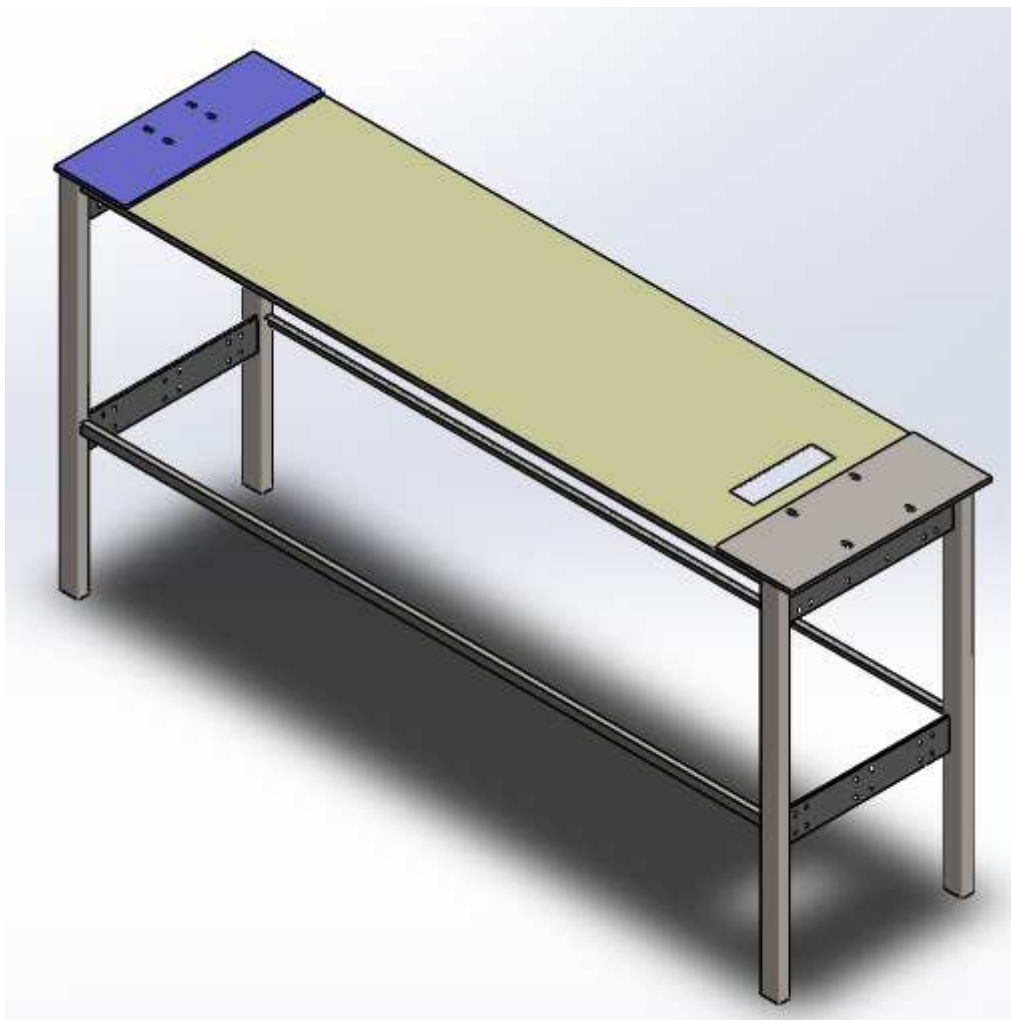
**Slika 29 Prikaz noža u sklopu s bubnjem**



## 7.2. Kućište

Kućište je izvedeno kao zavarena konstrukcija od četiri RHS 50 x 2,6 profila, četiri L 25 x 16 x 3 profila, četiri poprečne ploče koje nose oslonce bubnja i oslonce ležaja pužnog transportera, dvije ploče na koje se učvršćuju elektromotor i reduktor, te lima koji je oslonjen i zavaren na dva L profila.

Kućište je izrađeno od konstrukcijskog čelika S235JRG2 pa je nakon zavarivanja konstrukciju potrebno zaštititi premazom od korozije.

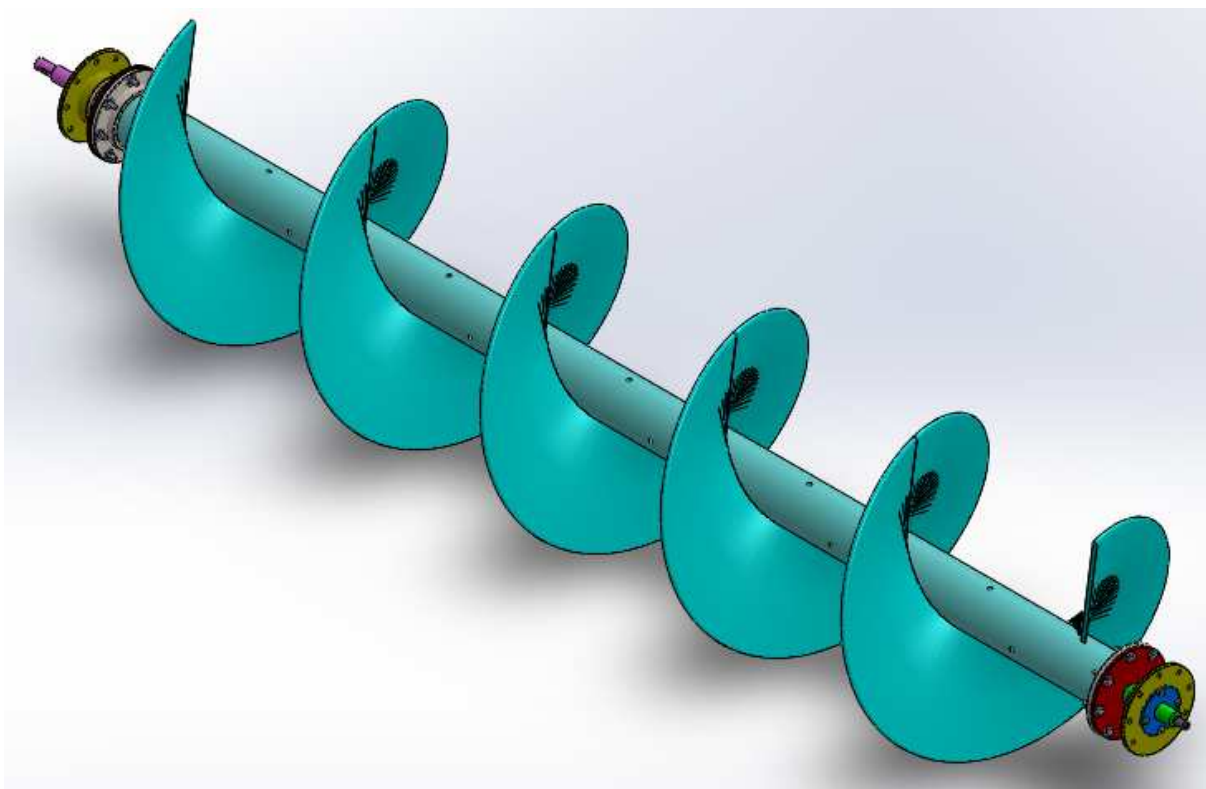


**Slika 30 Kućište**

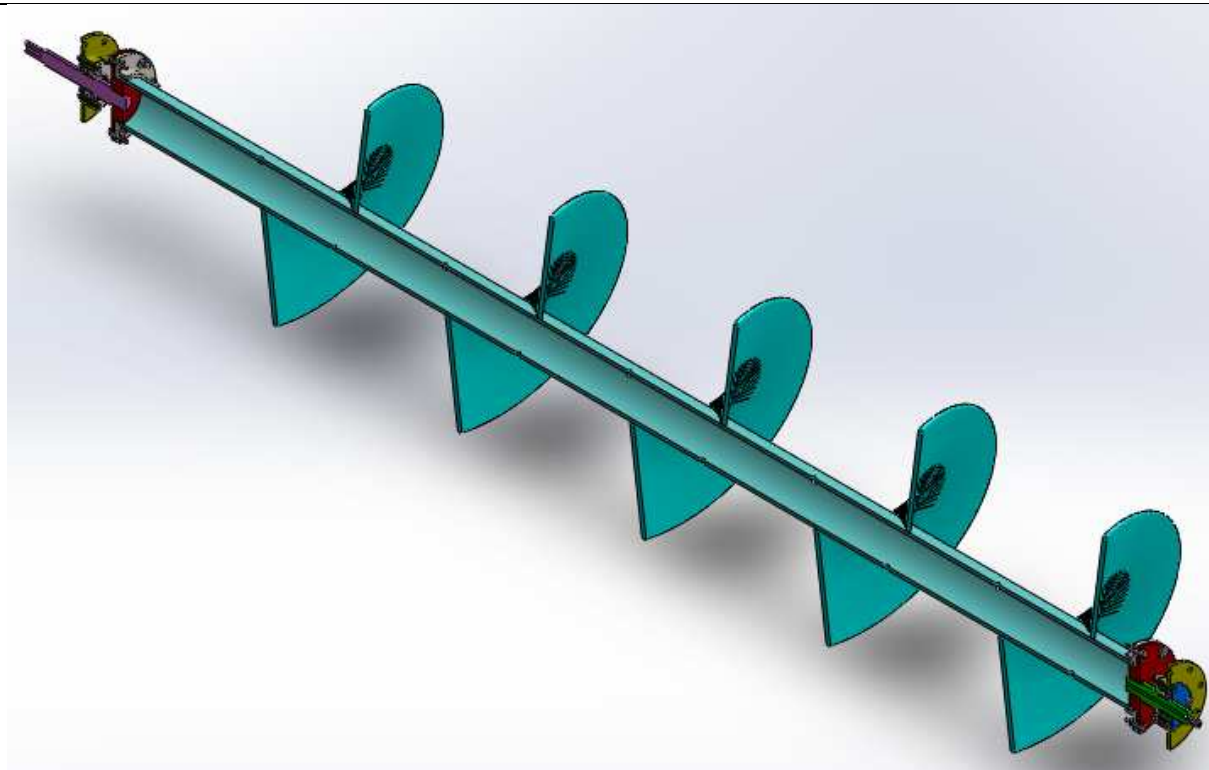
### 7.3. Sklop pužnog transportera

Pužni transporter izveden je tako da je na cijev samog transportera zavarena prirubnica s provrtima za vijke. Na vratilo preko kojeg se remenom prenosi moment s reduktora zavarena je druga prirubnica koja se vijcima pričvrsti na prirubnicu prvotno zavarenu na cijev transportera. Jednako je izveden spoj šuplje osovine, kroz koju prolazi voda, i prirubnice transportera, a što je vidljivo na slikama 33. i 34.

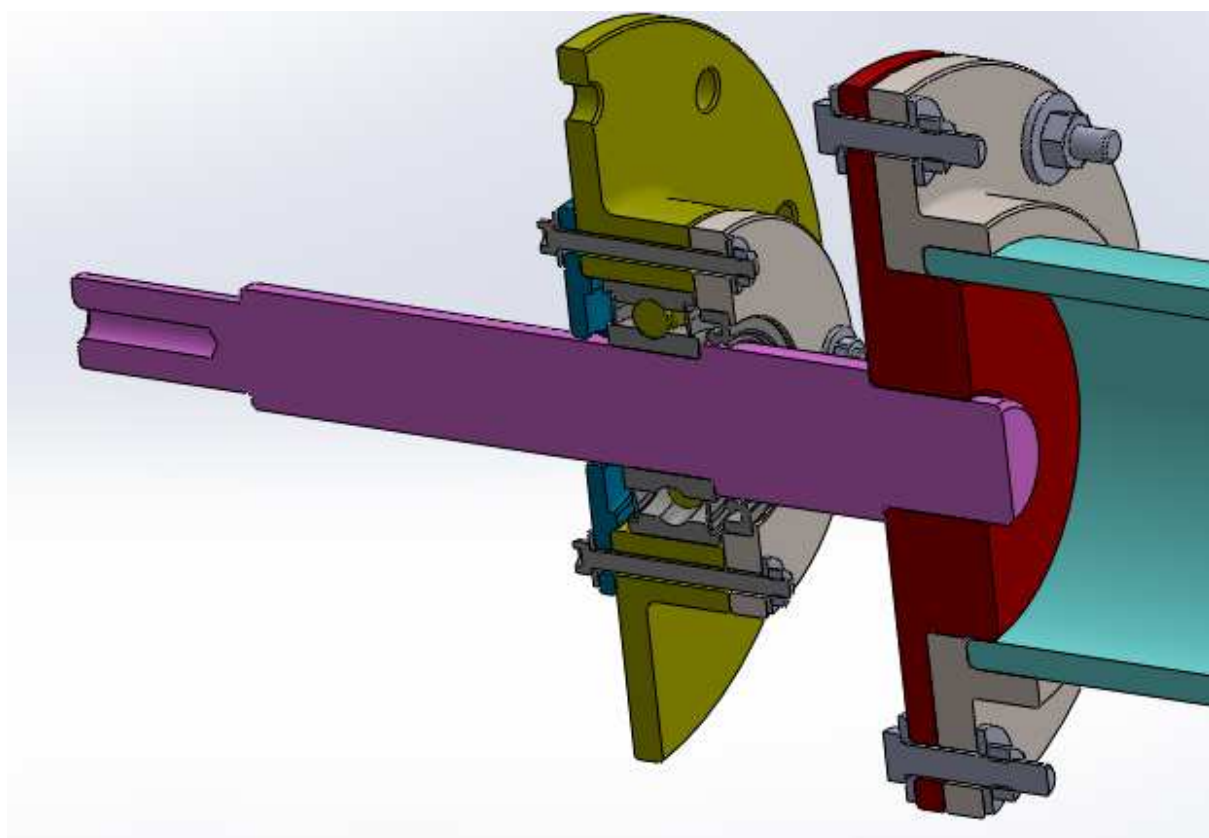
Cijev transportera ima provrte promjera 4 mm koji raspršuju vodu po masi koja se ljušti. Oslonci ležajeva vise ne nosačima ležaja te su međusobno spojeni vijcima, te je i sam nosač spojen vijcima na kućište. Izvedba uležištenja je ovakva kako bi se omogućio nesmetan prolaz materijala, kao i jednostavna zamjena ležaja te što jednostavnija montaža.



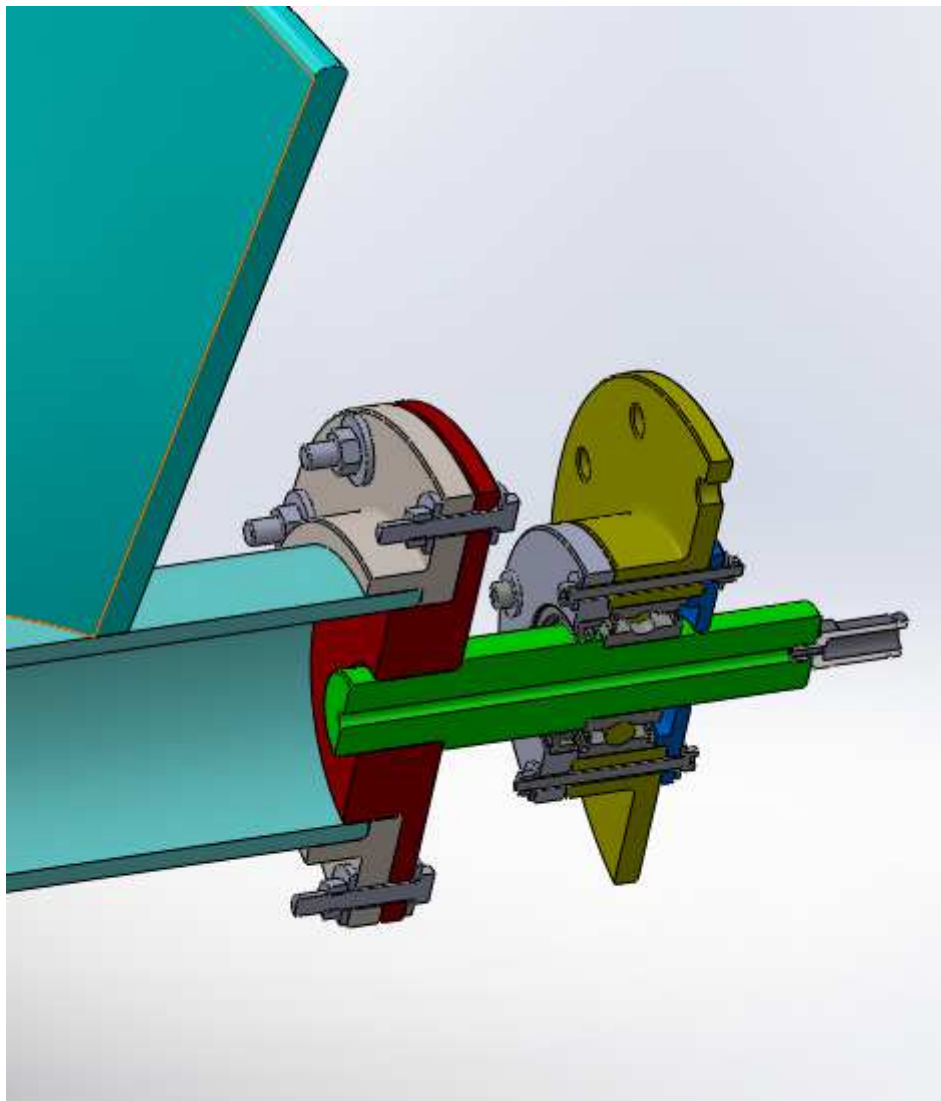
Slika 31 Pužni transporter sa ležajnim mjestima, osovinom i vratilom



**Slika 32 Pužni transporter u poprečnom presjeku**



**Slika 33 Izvedba ležajnog mjesta vratila**



**Slika 34 Izvedba ležajnog mjesta šuplje osovine sa priključkom za vodu**

## 8. ZAKLJUČAK

Poznato je da je danas sva proizvodnja hrane do neke mjere automatizirana te se zbog toga javlja veliki broj uređaja za preradu i pripremu hrane i poljoprivrednih dobara. Istraživanjem tržišta ustanovio sam da se javljaju dvije osnovne vrste stroja za ljuštenje krumpira: stroj sa kontinuiranim prolazom mase i stroj sa nekontinuiranim prolazom mase. Iako se obje vrste ovakvog stroja mogu koristiti u automatiziranoj proizvodnji vidljivo je da je stroj s kontinuiranim prolazom prilagođeniji ovakvim zahtjevima, dok se stroj sa nekontinuiranom proizvodnjom lakše primjenjuje za povremene potrebe. Zbog relativno jednostavne izvedbe i jednostavnog korištenja stroj sa nekontinuiranom proizvodnjom više se primjenjuje u ugostiteljstvu i kućanstvima, jer su zbog svoje konstrukcije prilagođeniji manjim snagama te zauzimaju manje prostora.

Tijekom početnog koncipiranja vodio sam se analiziranim proizvoda, jer bez izrade prototipa i eksperimenata teško bi se došlo do nekog inovativnog, a opet funkcionalnog rješenja. Razradom odabranog koncepta želio sam što je moguće više pojednostavniti montažu, a da sama izrada uređaja ne bude komplicirana i skupa. Ovakav stroj zahtjeva vrlo male snage te se zbog toga povećanjem svojih dimenzija može prilagoditi većim kapacitetima proizvodnje, a da se izvedba uređaja ne mijenja. Ovakav stroj bio bi prikladan za pogone manjih kapaciteta s linijskom proizvodnjom te bi se kao takav mogao plasirati na tržište.

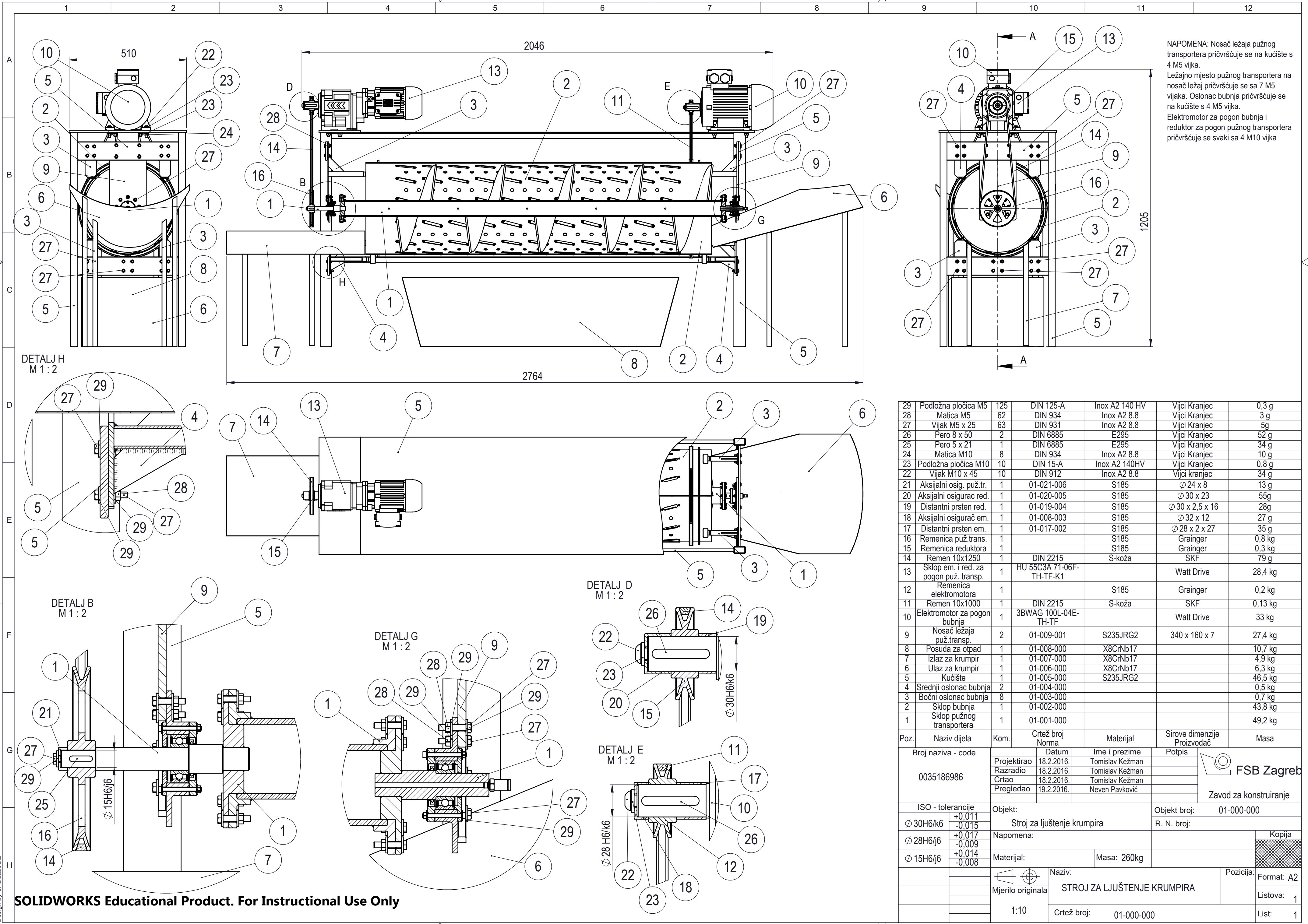
## LITERATURA

- [1] <https://www.google.com/patents/US1945978/>; 13. siječanj 2016.
- [2] <https://www.google.com/patents/US1728846/>; 13. siječanj 2016.
- [3] <https://www.google.com/patents/US4998467/>; 13. siječanj 2016.
- [4] <http://www.hobartcorp.com/>; 22. siječanj 2016.
- [5] <http://www.fimarspa.it/>; 23. siječanj 2016.
- [6] <http://www.sormac.co.uk/>; 23. siječanj 2016.
- [7] <http://www.freshplaza.com/>; 25. siječanj 2016.
- [8] <http://www.wattdrive.com/en/>; 18. veljače 2016.
- [9] <http://go.key.net/>; 13. siječanj 2016.
- [10] Filetin, T.; Kovačević, F.; Indof, J.: Svojstva i primjena materijala, Stega tisak d.o.o., Zagreb, 2011.
- [11] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1976.
- [12] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 2006.

## **PRILOZI**


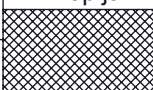
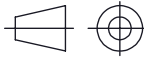
- I. CD-R disc
- II. Tehnička dokumentacija



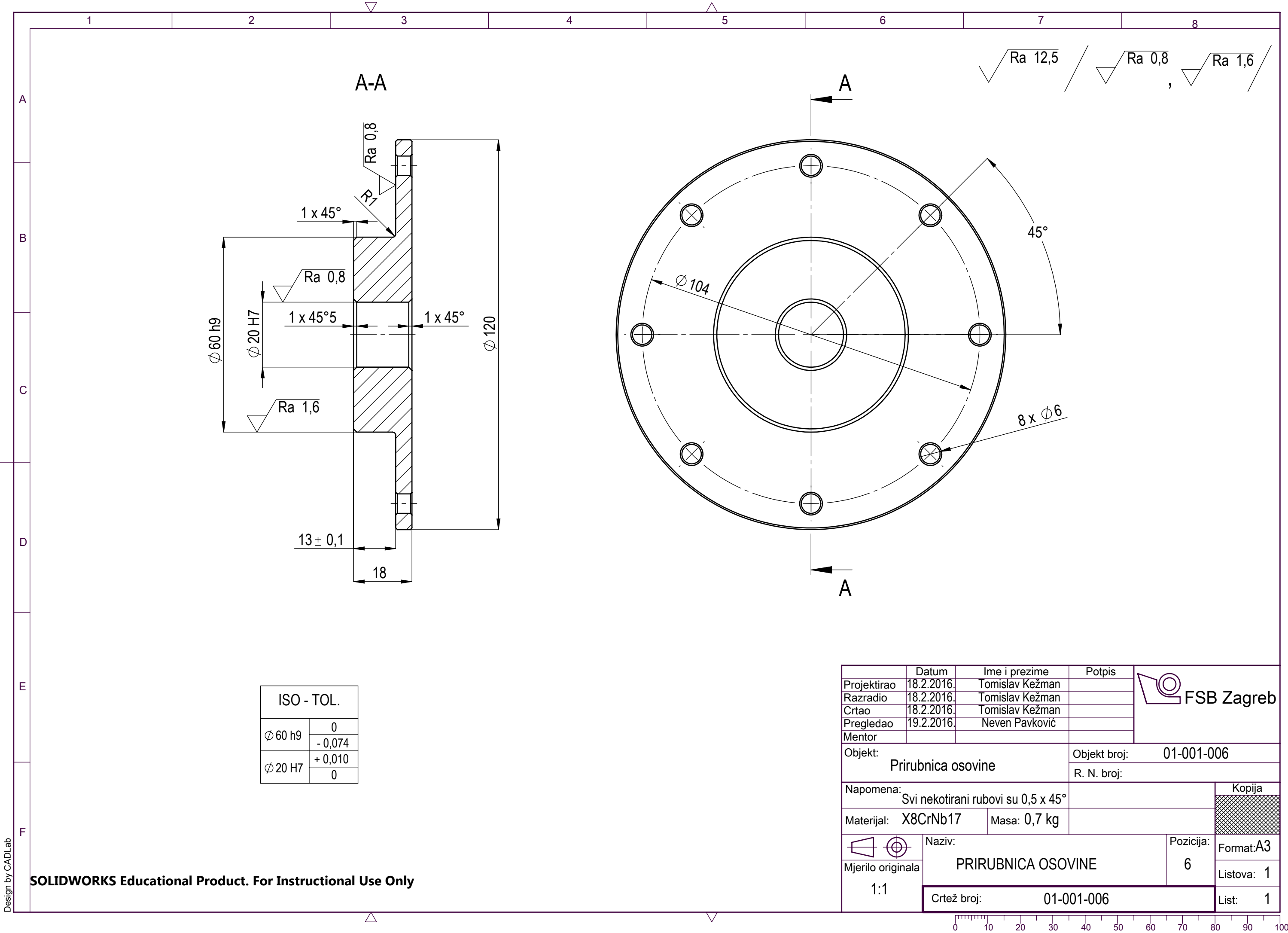






19	Poklopac čvrstog ležaja za semering		1		X8CrNb17	Ø 64 x 8	0,1 kg	
18	Poklopac slobodnog ležaja za semering		1		X8CrNb17	Ø 64 x 8	0,1 kg	
17	Podložna pločica M5		16	DIN 125-A	Inox A2 140 HV	Vijci Kranjec	0,3 g	
16	Matica M5		8	DIN 934	Inox A2 8.8	Vijci Kranjec	3g	
15	Vijak M5 x 25		8	DIN 931	Inox A2 8.8	Vijci Kranjec	5 g	
14	Podložna pločica M3		16	DIN 125-A	Inox A2 140 HV	Vijci Kranjec	0,04 g	
13	Matica M3		8	DIN 934	Inox A2 8.8	Vijci Kranjec	0,9 g	
12	Vijak M3 x 35		8	DIN 912	Inox A2 8.8	Vijci Kranjec	4 g	
11	M5 priključak za vodu		1		Inox A2	Clippard Minimatic	10 g	
10	Poklopac čvrstog ležaja		2		X8CrNb17	Ø 64 x 6	0,6 kg	
9	Šuplja osovina		1	01-001-009	X8CrNb17	Ø 25 x 99	0,3 kg	
8	Cijev sa zavojnicom		1		X8CrNb17	REDUCTA IM d.o.o.	44,3 kg	
7	Prirubnica cijevi za zavojnicom		2	01-001-007	X8CrNb17	Ø 120 x 19	0,57 kg	
6	Prirubnica osovine		2	01-001-006	X8CrNb17	Ø 120 x 18	0,7 kg	
5	Semering 25x37x5 HMSA10 V		2	DIN 3760		SKF	22 g	
4	Ležaj 6304 - 2RS1		2	DIN 625		SKF	31 g	
3	Oslonac ležaja		2		X8CrNb17	Ø 118 x 22	0,6 kg	
2	Poklopac slobodnog ležaja		2		X8CrNb17	Ø 64 x 5	71 g	
1	Vratilo		1	01-001-001	X8CrNb17	Ø 25 x 164	0,5 kg	
Poz.	Naziv dijela			Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code		Datum		Ime i prezime		Potpis	<div> FSB Zagreb</div>	
0035186986		Projektirao		Tomislav Kežman				
		Razradio		Tomislav Kežman				
		Crtao		Tomislav Kežman				
		Pregledao		Neven Pavković				
ISO - tolerancije		Objekt:				Objekt broj: 01-001-000		
Ø 70 H9/h9	+0,148 0	Pužni transporter				R. N. broj:		
Ø 60 H9/h9	+0,148 0	Napomena:				<div></div> <div>Kopija</div>		
Ø 42 H7/h6	+0,041 0	Materijal:		Masa: 49,2 kg				
Ø 20 H7/h6	+0,034 0	<div></div>		Naziv: SKLOP PUŽNOG TRANSPORTERA			Pozicija: 1	
Ø 15 j6	+0,008 -0,003							
		Crtež broj: 01-001-000				List: 1		





1

2

3

4

5

6

7

8

A

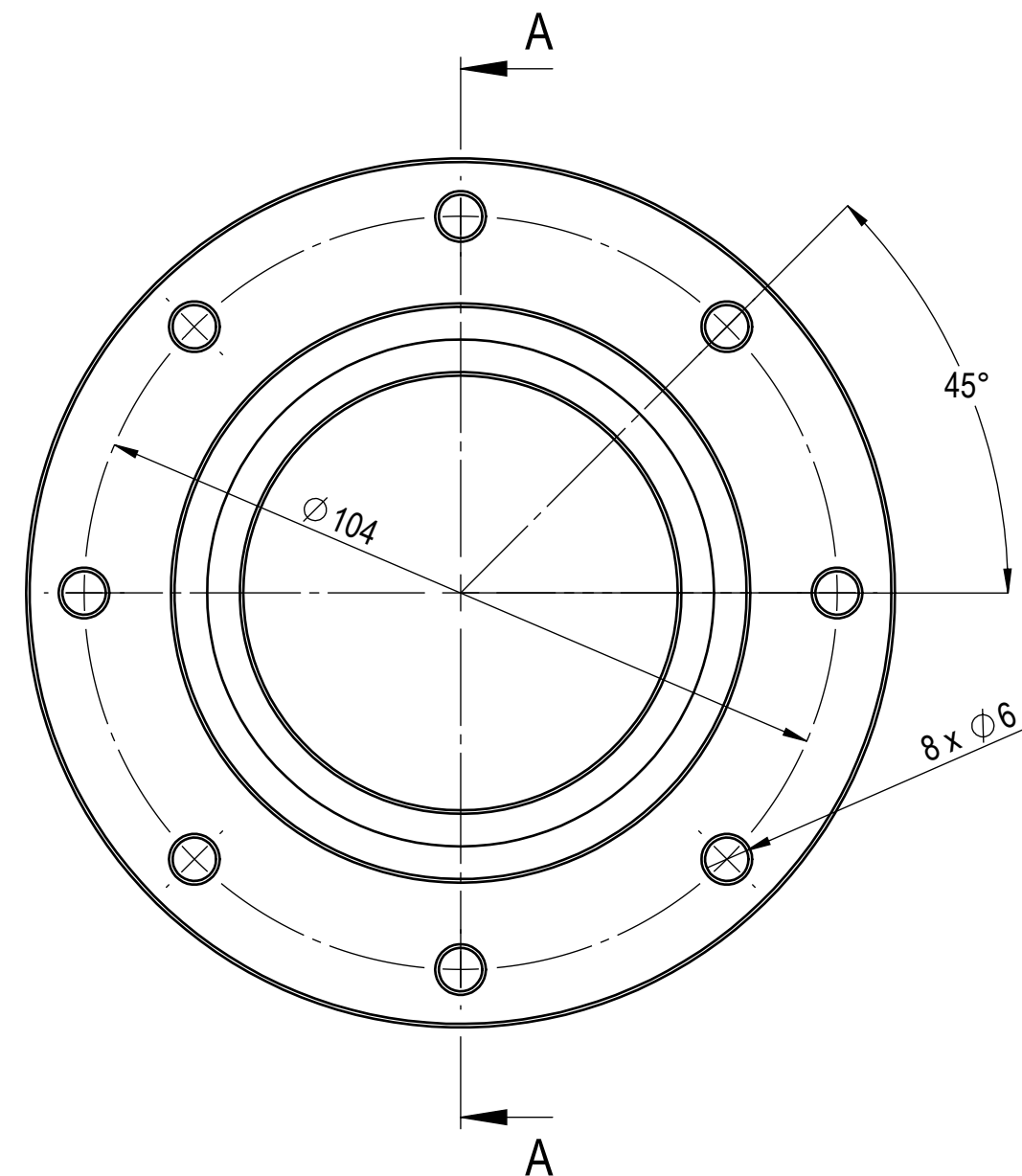
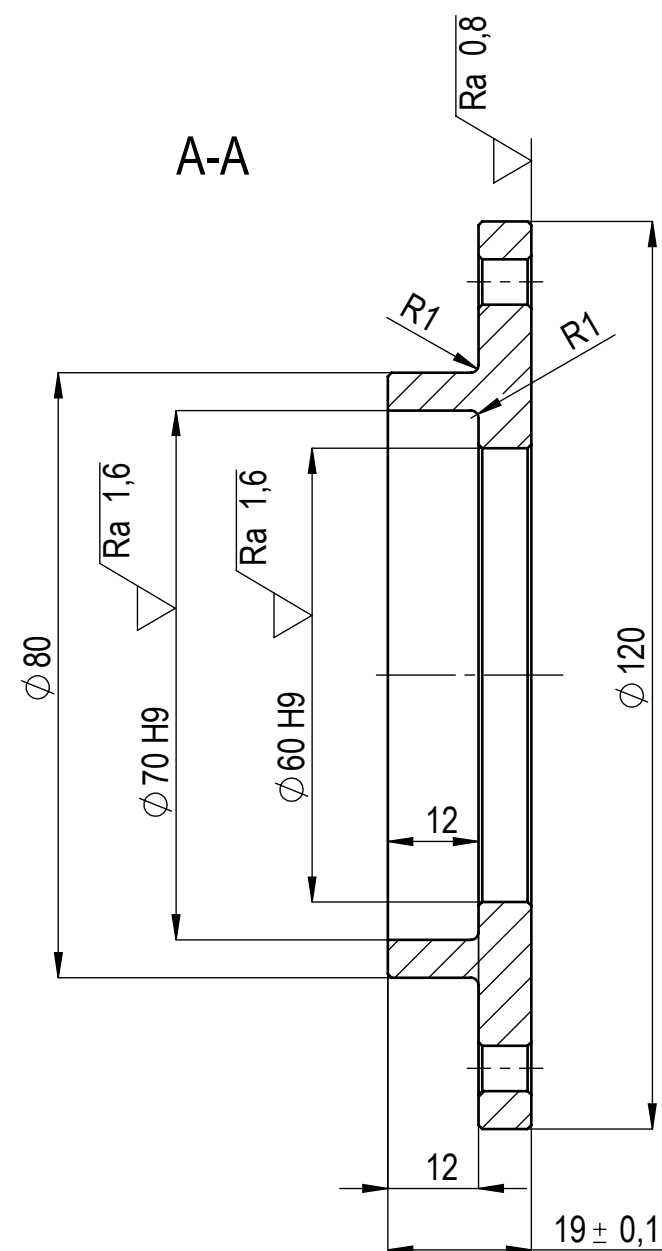
B

C

D


E

F

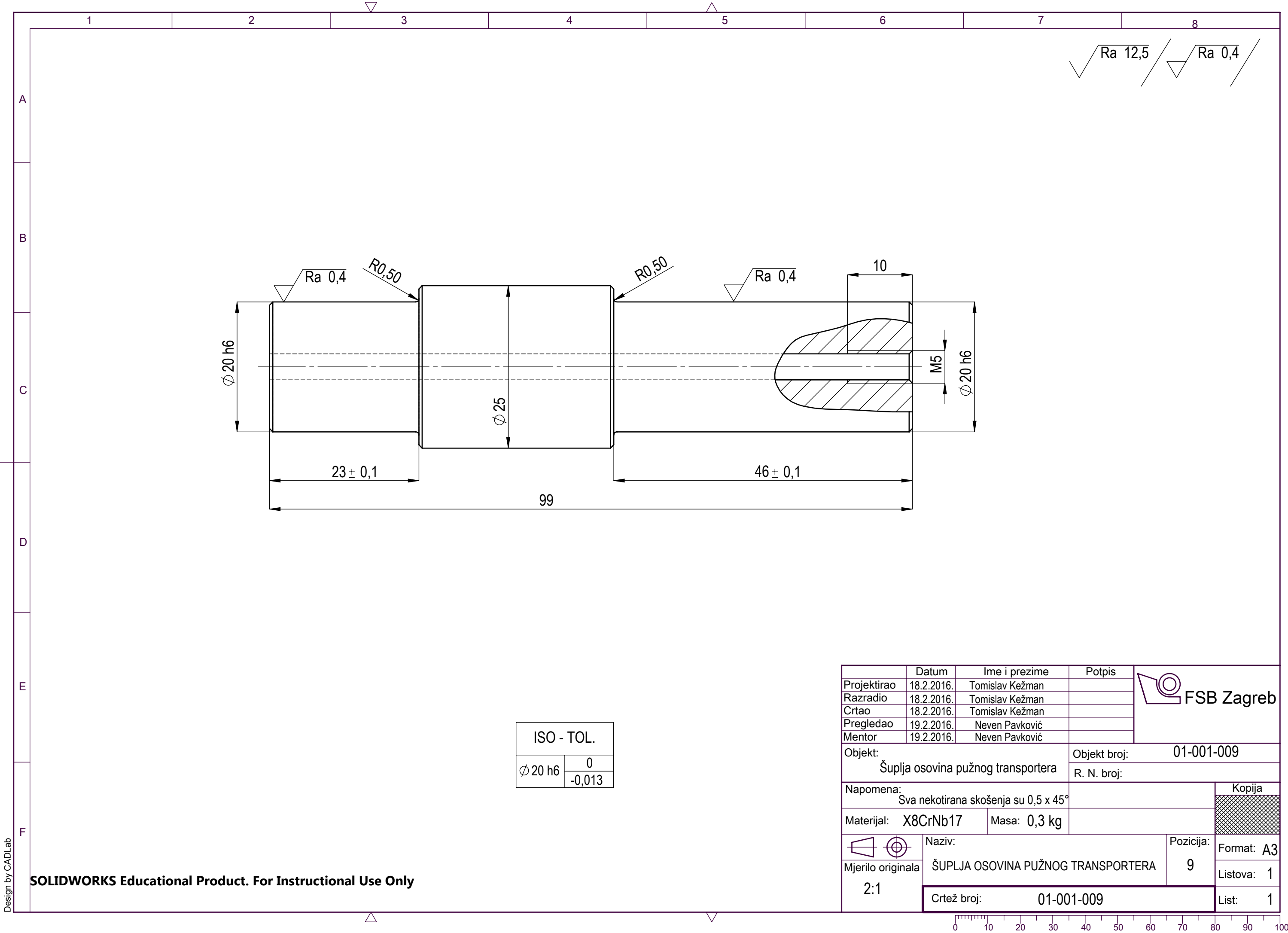
 $\sqrt{Ra\ 12,5}$  /  $\sqrt{Ra\ 0,8}$  ,  $\sqrt{Ra\ 1,6}$ 

ISO - TOL.	
$\phi\ 70\ H9$	$+0,074$ $0$
$\phi\ 60\ H9$	$+0,074$ $0$

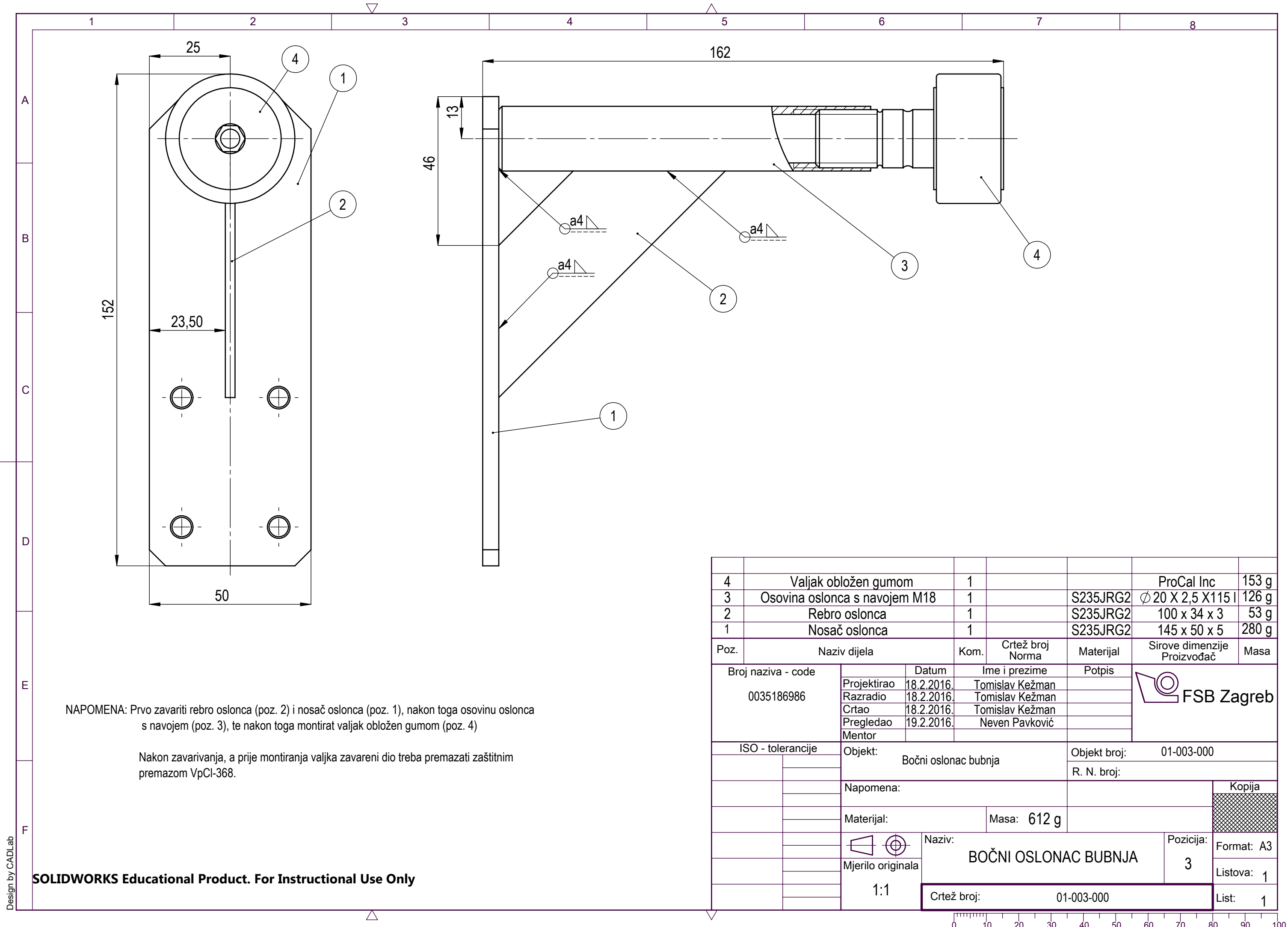
SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only

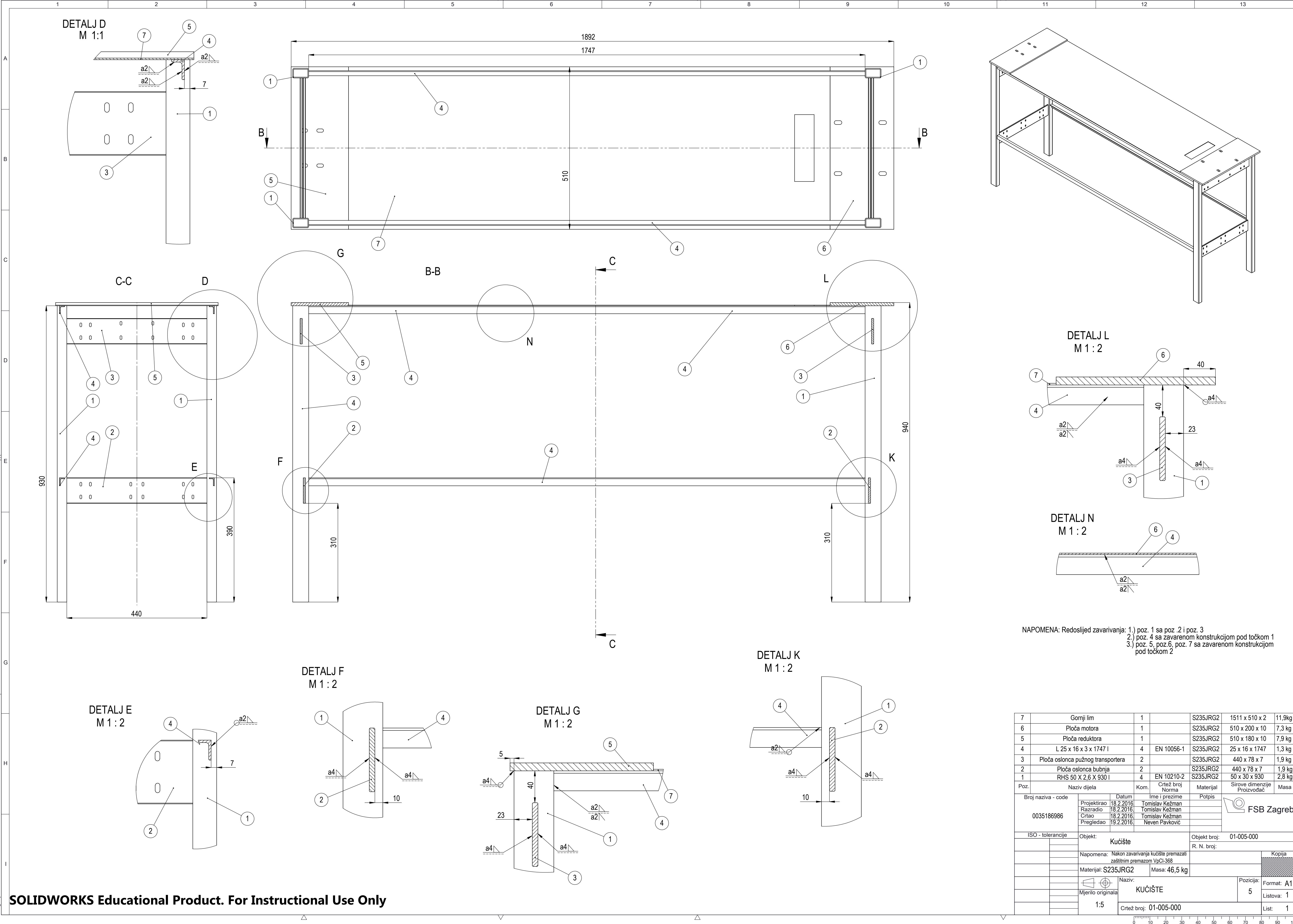
Projektirao	Datum	Ime i prezime	Potpis	 FSB Zagreb
Razradio	18.2.2016.	Tomislav Kežman		
Crtao	18.2.2016.	Tomislav Kežman		
Pregledao	19.2.2016.	Neven Pavković		
Mentor				
Objekt:			Objekt broj:	01-001-007
Prirubnica cijevi sa zavojnicom			R. N. broj:	
Napomena: Svi rubovi imaju skošenje 0,5 x 45°				Kopija
Materijal: X8CrNb17 Masa: 0,57 kg				
Naziv:			Pozicija:	Format: A3
Mjerilo originala			7	Listova: 1
1:1			Crtež broj:	List: 1
			01-001-007	

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100









NAPOMENA: Redoslijed zavarivanja: 1.) poz. 1 sa poz. 2 i poz. 3  
2.) poz. 4 sa zavarenom konstrukcijom pod točkom 1  
3.) poz. 5, poz. 6, poz. 7 sa zavarenom konstrukcijom pod točkom 2

7	Gornji lim		1		S235JRG2	1511 x 510 x 2	11,9kg
6	Ploča motora		1		S235JRG2	510 x 200 x 10	7,3 kg
5	Ploča reduktora		1		S235JRG2	510 x 180 x 10	7,9 kg
4	L 25 x 16 x 3 x 1747 I		4	EN 10056-1	S235JRG2	25 x 16 x 1747	1,3 kg
3	Ploča oslonca pužnog transportera		2		S235JRG2	440 x 78 x 7	1,9 kg
2	Ploča oslonca bubnja		2		S235JRG2	440 x 78 x 7	1,9 kg
1	RHS 50 X 2,6 X 930 I		4	EN 10210-2	S235JRG2	50 x 30 x 930	2,8 kg
Poz.	Naziv dijela		Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Srovi dimenzije Proizvođač	Masa
Broj naziva - code			Datum		Ime i prezime		Potpis
0035186986			Projekтираo 18.2.2016		Tomislav Kežman		
			Razradio 18.2.2016		Tomislav Kežman		
			Crtao 18.2.2016		Tomislav Kežman		
			Pregledao 19.2.2016		Neven Pavković		
ISO - tolerancije			Objekt: Kućište			Objekt broj: 01-005-000	
			Napomena: Nakon zavarivanja kućište premazati zaštitnim premazom VpCI-368			R. N. broj:	
			Materijal: S235JRG2			Kopija	
			Masa: 46,5 kg				
			Naziv:			Pozicija:	
			Mjerilo originala			5	
			1:5			Format: A1	
			Crtež broj: 01-005-000			Listova: 1	
						List: 1	